Beiträge zur Pollenanalyse von Böden und mineralischen Sedimenten

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
dem Fachbereich Biologie
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Dieter Ohngemach

aus Heilbronn

1970

Beiträge zur Pollenanalyse von Böden und mineralischen Sedimenten

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
dem Fachbereich Biologie
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

vorgelegt von

Dieter Ohngemach

aus Heilbronn

1970

Tag der mündlichen Prüfung:	10. 6. 1970
Dekan:	Prof. Dr. W. Seyffert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. P. Filzer
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Mägdefrau

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Meinem verehrten Lehrer,
Herrn Professor Dr. Paul F i l z e r,
möchte ich für die Überlassung des
Themas, für viele Anregungen und für
seine Beratung sehr herzlich danken.

Inhaltsverzeichnis

Erster Teil

Pollenanalytische Untersuchungen
an Oberflächenlehmen der Schwäbischen Alb

I. Problemstellung 1
II. Zur Problematik der Pollenanalyse der Alblehme 4
III. Untersuchungsmethode 8
IV. Untersuchungsergebnisse 9
A. Bodenpollendiagramme von der Ostalb (ohne Härdtsfeld) 9
1. Albuch 11
2. Gebiet zwischen Albuch und Blaubeurer Alb 13
3. Borgerhau und Umgebung 15
B. Interpretation der Diagramme 20
1. Allgemeine Bemerkungen 20
2. Der Eichenpollen 21
3. Der Nichtbaumpollen und die Sporen 27
4. Der Getreidepollen 29
5. Bodenpollendiagramme und Bestandesgeschichte . 32
C. Bodenpollendiagramme vom nördlichen Härdtsfeld .. 36
1. Umgebung von Waldhausen 36
2. Ehemalige Feldflur Harthausen 45
V. Diskussion 48
VI. Zusammenfassung 56

Zweiter Teil

Versuche zur Polleneinschwemmung

I. Einleitung 57
II. Methode 58
III. Versuchsergebnisse 62
A. Einschwemmung in Sand 62
1. Zusammenhang zwischen Pollenkorndurchmesser und Tiefe 62
2. Zusammenhang zwischen Pollendichte und Tiefe . 71
B. Einschwemmung in Lehm 76
IV. Zusammenfassung 77

Dritter Teil

Pollenanalytische Untersuchungen an pollenarmen, mineralischen Sedimenten

I. Aufbereitungsverfahren 78
II. Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 (DFG) 84
A. Problemstellung 84
B. Untersuchungsmethode 85
C. Untersuchungsergebnisse 85
D. Diskussion 89
III. Alttanner Gesteinsserie 91
A. Problemstellung 91
B. Untersuchungsmethode 94
C. Untersuchungsergebnisse 94
1. Probenserie vom 9.8.1968 94
2. Probenserie vom 30.5.1969 96
D. Diskussion 97
1. Aufstellung des Diagrammes 97
2. Interpretation des Diagrammes 102
E. Präquartäre Pollenkörner und Sporen 106
IV. Zusammenfassung 110

Literaturverzeichnis 111

Erklärung der Tafeln 118

Erster Teil

Pollenanalytische Untersuchungen an Oberflächenlehmen der Schwäbischen Alb

I. Problemstellung

Als 1934 im Staatswald Borgerhau, Markung Asch (Krs. Ulm) eine Saatschule angelegt wurde, kam eine große Anzahl von Hornsteinen und Hornstein-Artefakten zutage. G. RIEK besuchte die Fundstelle; das aufgesammelte Material übergab er der Sammlung für Vor- und Frühgeschichte der Universität Tübingen. NUBER (1962), der 1951 die Bearbeitung der Funde übernahm und selbst weitere Geräte sammelte, kam auf Grund der vorgeschichtlichen Gegebenheiten zu dem Schluß, daß ein spätes Mesolithikum (Campignien) vorliege. Mit der Bitte um eine pollenanalytische Charakterisierung der Fundschichten wandte sich NUBER an FILZER. Die lehmigen, zunächst humusfrei erscheinenden Proben des Borgerhau-Profils erwiesen sich bis in eine Tiefe von 35 cm als pollenführend, so daß FILZER ein Diagramm aufstellen konnte. Da die Funde bei 10 cm einsetzen, ab 20 cm deutlich zunehmen und die Hauptfundschicht einer Tiefe von 30 - 50 cm entspricht, erfaßt das Diagramm immerhin einen Teil der Fundschichten. Die Deutung des Diagrammes (Abb. 1) wirft einige Fragen auf, die FILZER (1965) eingenend erörtert. Seine wichtigsten Überlegungen und Ergebnisse sollen hier kurz dargestellt werden. Nach FILZER stehen 3 Interpretationsmöglichkeiten zur Diskussion:

"1. Es liegt ein gewachsenes Diagramm der Postglazialzeit vor.
2. Das Diagramm entstammt einer Interglazialzeit, am ehesten der Riß-Würm- (Eem-) Zeit.
3. Es handelt sich um die Folgen rezenter Polleninfiltration."

Für die erste Deutung, die Gleichzeitigkeit zwischen Funden, Fundschicht und Polleninventar annimmt, spricht die kräftige

Vertretung von Eichen- und Hasel-Pollen in den Spektren des Diagrammes, die den oberen Fundlagen entsprechen, denn diese Beigaben stehen durchaus in Einklang mit der vom Ausgräber vorgenommenen Zeitstellung der Funde. Die weitere Interpretation des Diagrammes stößt jedoch auf Schwierigkeiten. Es zeigt sich zwar nach oben hin ein deutlicher Rückgang der EMW-zeitlichen Komponenten, aber nicht die Rotbuche, wie bei einem postglazialen Diagramm zu erwarten wäre, sondern Kiefer und Fichte treten die Nachfolge des Eichenmischwaldes an. Die Rotbuche erscheint im Diagramm nur einmal in 15 cm Tiefe mit 0,5 %. Selbst in den Schichten über dem 5 cm-Niveau ist sie - wie eine Nachuntersuchung ergab - nur sporadisch vertreten. Ohne nachfolgende Rotbuche läßt sich das Diagramm aber nicht widerspruchslos in die postglaziale Waldentwicklung einordnen. FILZER weist ferner darauf hin, daß ein so beträchtlicher Bodenauftrag, wie er bei primärer Pollenführung anzunehmen wäre, im Postglazial auf der Albhochfläche kaum stattgefunden haben konnte. Auch eine lokale Umlagerung, etwa durch Abschwemmung von einem höher gelegenen Punkt, war nicht nachzuweisen.

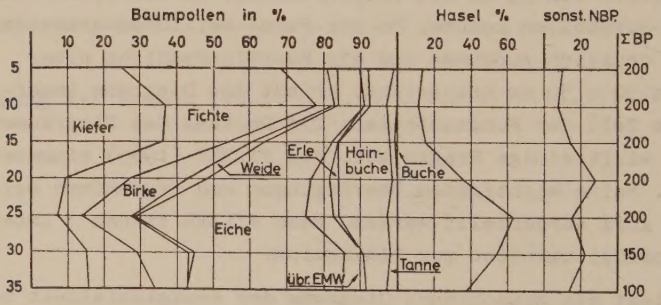


Abb. 1. Diagramm vom Borgerhau. Aus FILZER 1965.

Die zweite Interpretationsmöglichkeit - letztinterglaziales Alter - kann sich auf folgende Befunde stützen: 1. Fehlen der Rotbuche im Riß-Würm-Interglazial. 2. Einige der von REICH (1953) für dieses Interglazial nachgewiesenen Waldzeiten finden ihre Entsprechung im Borgerhaudiagramm, nämlich die Waldzeiten 6 (Fichte-EMW-Hasel), 7 (Hainbuche) und 8 (Fichte-Tanne). "Aber ist es denn möglich, daß ein interglaziales Pollenbild in so trefflicher Erhaltung unmittelbar unter der heutigen Oberfläche persistiert und die periglazialen Einwirkungen der Würmeiszeit ungestört überstanden hätte? Und vor allem: Wie erklären wir uns dann die Einlagerung der mesolithischen Industrie in diese interglazialen Schichten?" (FILZER 1965).

So bleibt schließlich, vor allem auf Grund von Untersuchungen an weiteren Bodenprofilen aus dem Bereich der lehmigen Albüberdeckung, nur die dritte Möglichkeit: Sekundäre Pollenausstattung der fertiggebildeten Bodenschichten durch Infiltration. Für sie spricht nach FILZER folgendes: "1. Die in den oberen Horizonten hohe, nach unten rasch zu Null absinkende Dichte der Pollenführung, 2. Die Tatsache, daß ein Teil der Profile eine deutliche Beeinflussung durch die Art des heutigen Waldbestandes aufweist, und 3. Die auffallende Erscheinung, daß die pollenführenden Schichten überall ohne erkennbaren Wechsel in der Beschaffenheit der Lehme in die pollenleeren Unterschichten übergehen."

Mit der Rückführung der Diagramme auf rezente bzw. subrezente Infiltration entfällt jede Möglichkeit, von pollenanalytischer Seite aus etwas zur Datierung der Borgerhaufunde beizutragen. Die verschiedenen Untersuchungen, die zur Aufstellung der Infiltrationstheorie führten und sie als die wahrscheinlichste aller Interpretationsmöglichkeiten bestätigten, wurden von FILZER 1960 und 1961 begonnen und vom Verfasser 1962 und 1963 weitergeführt. Im folgenden werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt und die Gründe erläutert, die nach Meinung des Verfassers für rezentes

bzw. subrezentes Alter des fraglichen Pollenmaterials sprechen.

II. Zur Problematik der Pollenanalyse der Alblehme

Schon seit langem beschränkt man sich in der Palynologie nicht mehr allein auf die pollenanalytische Erforschung von Moor- und Seeablagerungen, sondern untersucht in zunehmendem Umfang auch mineralische Böden auf ihren Pollengehalt. Einen Überblick über die geschichtliche Entwicklung und die Problematik der Pollenanalyse mineralischer Böden geben u.a. DIMBLEBY (1957, 1961 a) und WELTEN (1958, 1962). Daher wird an dieser Stelle nur auf die Probleme eingegangen, die bei der Interpretation unserer Diagramme von Interesse sind.

Von besonderer Bedeutung bei Pollendiagrammen aus mineralischem Boden ist die Frage, ob der Boden an Ort und Stelle durch Verwitterung aus dem mineralischen Untergrund entstanden ist oder ob er auf ortsfremdes Material zurückgeht. Bei den Alblehmen, in welche die Borgerhaufunde eingebettet sind, müssen wir mit beiden Möglichkeiten rechnen. Dies geht aus der Einteilung hervor, die MÜLLER (1951) für die Lehme des nördlichen Härdtsfeldes vornahm und die auch für die übrige Ostalb gelten dürfte: 1. Kalkverwitterungslehme, die auch im heutigen Klima als rein ortsfeste Verwitterungsprodukte entstehen. 2. Schluff- und Schichtlehme, die als eiszeitliche Bildungen anzusehen sind. Sie wurden wahrscheinlich aus Kalkverwitterungslehmen ausgeblasen und finden sich in Trockentälern und Senken, z.T. auch 20 - 60 cm hoch auf Kalkverwitterungslehm. 3. Feuersteinlehme, die unter tropischem bzw. subtropischem Klima vermutlich im Tertiär entstanden sind und je nach Natur der z.T. eingewehten Feinerde weiter gegliedert werden können.

Die Alblehme sind demnach, worauf auch FILZER (1942) hinweist, weder ihrer Zusammensetzung noch Entstehungszeit nach etwas Einheitliches. Die Zusammenstellung zeigt, daß selbst die Lehme, die aus angewehtem Material entstanden sind, kaum primären

Baumpollen enthalten dürften, da die Sedimentation in einer waldfeindlichen Zeit erfolgte. Da keine unserer Entnahmestellen in einer Senke liegt,kann ein sukzessiver Bodenauftrag von darüber liegenden Hängen ebenfalls ausgeschlossen werden. Ob anderweitig umgelagerte oder gar interglaziale Lehme erfaßt wurden, ist äußerst fraglich. Wir müssen also damit rechnen, daß das Pollenmaterial ganz überwiegend von der Oberfläche aus in tiefere Bodenschichten geraten ist.

An der Möglichkeit einer solchen nachträglichen Pollenausstattung mineralischer Böden wird heute auf Grund vieler Befunde nicht mehr gezweifelt, dagegen ist noch umstritten, welche Vorgänge dafür vor allem verantwortlich sind. Zwei Auffassungen lassen sich einander gegenüberstellen. Nach DIMBLEBY (1957, 1961 a, 1961 b) wird der Pollenniederschlag durch versickerndes Wasser langsam immer tiefer in den Boden eingeschwemmt. Dieser Vorgang wird von ihm als "downwash", von anderen Autoren als Percolation, Einschwemmung, Durchwaschung oder auch als Infiltration bezeichnet. (Wir wollen dagegen unter Infiltration nur das Eindringen der Pollenkörner als solches verstehen, mit diesem Ausdruck also nicht implizite etwas über die dem Eindringen zugrunde liegenden Prozesse aussagen.) Demgegenüber vertritt WELTEN (1958, 1962) die Auffassung, daß bei Böden, für die kein Bodenauftrag angenommen werden kann, der Vorgang der "vertikalen oder inneren Bodenumwälzung" an Ort und Stelle die Hauptursache für die Tiefenverfrachtung des Pollens darstellt. Downwash spielt seiner Meinung nach "nur in den allerobersten Zentimetern des Bodens eine nennenswerte, für die Konservierung allerdings wohl bedeutende Rolle" (WELTEN 1962). Worauf WELTEN diese innere Bodenumwälzung zurückführt, wird später dargestellt. Auf jeden Fall gelangt durch sie der Pollengehalt eines Horizontes allmählich immer tiefer. So kommt es zu einer gewissen inneren zeitlichen Folge, die es erlaubt, das Bodenpollendiagramm "mit Vorbehalt und großer Kritik als mehr oder weniger lückenhaftes und verzerrtes Abbild der Bestandesgeschichte des untersuchten Standorts" (WELTEN 1962) zu betrachten.

Auch nach DIMBLEBY (1957) machen sich auffallende Vegetationsänderungen im Bodenpollengehalt bemerkbar. Dabei soll der Gipfelpunkt einer Pollenart aus einer um so älteren Zeit stammen, je tiefer er im Profil liegt. Allerdings haben seine Untersuchungen gezeigt, daß die Pollenkörner eines bestimmten Horizontes keineswegs gleichaltrig sein müssen. Auf eine derartige Überlagerung von Pollen aus verschiedenen vegetationsgeschichtlichen Abschnitten macht auch GODWIN (1958) aufmersam. GODWIN nimmt im übrigen an, daß die Infiltration hinsichtlich erreichter Tiefe und Pollenerhaltung in manchen Perioden besonders begünstigt war, in anderen dagegen nicht stattfand oder infolge intensiver Pollenzerstörung wirkungslos blieb, so daß manche Abschnitte ganz fehlen können. Überhaupt kommt der Frage der Pollenerhaltung in Mineralböden eine besondere Bedeutung zu; in neuerer Zeit hat sich vor allem HAVINGA (1964) mit diesem Problem befaßt.

Welchen Zeitraum können Diagramme aus mineralischen Böden umfassen? GODWIN (1958) vermutet, daß in den untersten Schichten seines Profils zwischen 37,5 und 51 cm Tiefe Spuren der späteiszeitlichen Vegetation erhalten geblieben sind; besonders kräftige Pinus- und Corylus-Werte in den Schichten darüber führt er auf Präboreal und Boreal zurück. DIMBLEBY (1961 a, 1961 b) bringt eine Reihe von Beispielen, die bis ins ausgehende Atlantikum bzw. in das beginnende Subboreal zurückgehen. WELTEN (1958) datiert den Beginn der Bodenbildung in den am weitesten zurückreichenden Profilen in der alpinen Stufe der Schynigen Platte in die Zeit zwischen 6 000 und 4 000 v. Chr., allerdings handelt es sich dabei durchweg um Auftragsböden. Von den Profilen Gurtental (WELTEN 1962) hat das Profil G 2 flache Kammlage und folglich keinen Auftrag. Der obere Profilabschnitt (0 - 40 cm)zeigt einen Rodungs- und einen Wiederbewaldungsabschnitt; die Rodung erfolgte vermutlich im Mittelalter. Auf Percolation führen MULLENDERS und MUNAUT

(1960) den Pollengehalt von 2 Profilen aus Sandböden zurück, dabei soll der Pollen am Grund der Profile in 55 bzw. 80 cm Tiefe ungefähr 1 500 - 2 000 Jahre alt sein. Ein von DRICOT (1961) untersuchtes, bis in 95 cm Tiefe reichendes Sandbodenprofil umfaßt das gesamte Atlantikum, Subboreal und Subatlantikum.

Diese Beispiele zeigen, daß das Polleninventar mineralischer Böden beträchtliche Zeiträume repräsentieren kann, selbst in solchen Fällen, in denen kein Bodenauftrag anzunehmen ist. Alle Profile stimmen darin überein, daß in den obersten Schichten die jüngste Vegetationsgeschichte ihre Spuren hinterlassen hat. Wie weit die Profile in die Vergangenheit zurückreichen, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Ähnlich wie bei der Interpretation von Rohhumusdiagrammen ist es auch hier von Vorteil, möglichst ein Moordiagramm aus der Umgebung zum Vergleich heranzuziehen.

Bei der Deutung unserer Diagramme gilt es weiter zu bedenken, daß der in den Lehmproben vorhandene Pollen unter Bäumen und nicht auf einer waldfreien Fläche abgelagert wurde. Der ursprünglich auf die Bodenoberfläche niedergegangene Pollenregen repräsentierte daher - wie vielfache Untersuchungen von Oberflächenproben aus Wäldern beweisen - in erster Linie das Holzartenbild des betreffenden Bestandes. Wir können daher von unseren Bodenpollendiagrammen zwar Hinweise auf die Vegetationsgeschichte der untersuchten Örtlichkeit, aber nicht der ganzen Landschaft erwarten. Wenn wir uns schließlich noch einmal daran erinnern, daß durch die Infiltration der Pollenniederschlag verschiedener Zeiten durchmischt werden kann, eine innere zeitliche Folge im Profil deshalb nicht von vorneherein zu erwarten ist, wenn wir weiter die relativ ungünstigen Erhaltungsbedingungen im mineralischen Boden und die unterschiedlich gute Erhaltungsfähigkeit der einzelnen Pollenarten bedenken, dann wird deutlich, wie kritisch wir bei der Auswertung der Bodenpollendiagramme vorgehen müssen.

III. Untersuchungsmethode

Die Proben wurden durchweg an waldbedeckten Plätzen entnommen. Als Entnahmestellen wurden kleinere oder größere Lücken im Baumbestand ausgesucht, da hier am wenigsten mit einem durch größere Wurzelausläufer gestörten Profil gerechnet werden mußte. Die Möglichkeit einer anderweitigen Störung, etwa durch eine früher erfolgte Bodenbearbeitung, läßt sich allerdings nicht gänzlich ausschließen. Vor der Entnahme der Proben wurde die oberste Laub- bzw. Nadelstreu entfernt, ebenso eventuell vorhandene Moospolster, dann wurde bis maximal 40 cm, meist jedoch nur bis 20 cm Tiefe gegraben. Die Tiefenangaben verstehen sich einschließlich der untersten kompakten Schichten des Humus- bzw. Rohhumusbodens; diese waren selten stärker als 3 cm. Die Probenabstände betrugen in der Regel 10 cm, gelegentlich auch 5 cm; in einigen Fällen wurde ein zusammenhängendes Profil der obersten 10 cm abgestochen. Die Proben wurden an Ort und Stelle luftdicht in Plastikbeutel verpackt.

Zu Beginn der Aufbereitung wurde die Probe zerbröselt und das grobe Material abgesiebt. Eventuell vorhandener Kalk wurde mit HCl entfernt. Nach dem Aufkochen der Probe mit 10 %iger KOH wurden die Silikate mit 40 %iger HF aufgelöst, der größte Teil auf kaltem Wege, der Rest durch kurzes Erhitzen im Platintiegel. Anschließend wurde azetolysiert. Meistens genügten 5 - 10 cm^3 Bodenmaterial, um einen ausreichenden organischen Rückstand zu erhalten.

Bei der mikroskopischen Auswertung wurden durchschnittlich 100 - 200 Baumpollenkörper ausgezählt. Die Prozentwerte beziehen sich auf die Summe der Baumpollen ohne Hasel. Der Nichtbaumpollen wurde im allgemeinen nicht näher bestimmt, nur Gramineen und Getreidepollen werden gesondert angeführt. Von den Sporen fanden die von Lycopodium und Farn Berücksichtigung. Wenn Koniferenschließzellen auftraten, wurde nur ihre Anwesenheit, nicht ihre prozentuale Beteiligung notiert. Die Darstellung der Zahlenwerte erfolgt ausschließlich durch Flächendiagramme. Die Diagrammdar-

stellung nach L. v. P o s t wäre bei der meist sehr geringen Anzahl von Spektren pro Diagramm wenig anschaulich.

IV. Untersuchungsergebnisse

A. Bodenpollendiagramme von der Ostalb (ohne Härdtsfeld)

Die Bodenproben wurden - mit Ausnahme jener vom Borgerhau - an beliebigen, der geologischen Karte zufolge Alblehme tragenden Stellen entnommen. Die Untersuchung dieser Proben sollte zum einen klären, ob ganz allgemein auf der Ostalb pollenführende Lehme anzutreffen sind. Zum anderen sollte geprüft werden, ob die verschiedenen Profile irgendwelche Gemeinsamkeiten oder Besonderheiten aufweisen, auf Grund derer sich vielleicht Alter und Herkunft des Pollenmaterials bestimmen läßt. Um einen umfassenden Überblick zu bekommen, wurde mehr Wert darauf gelegt, möglichst viele Plätze aufzusuchen und dort nur wenige Proben zu entnehmen, als an wenigen Stellen ausführliche Profile mit vielen Proben zu ergraben. Auf der folgenden Übersichtskarte (Abb. 2) sind einige der insgesamt 25 Entnahmestellen eingetragen.

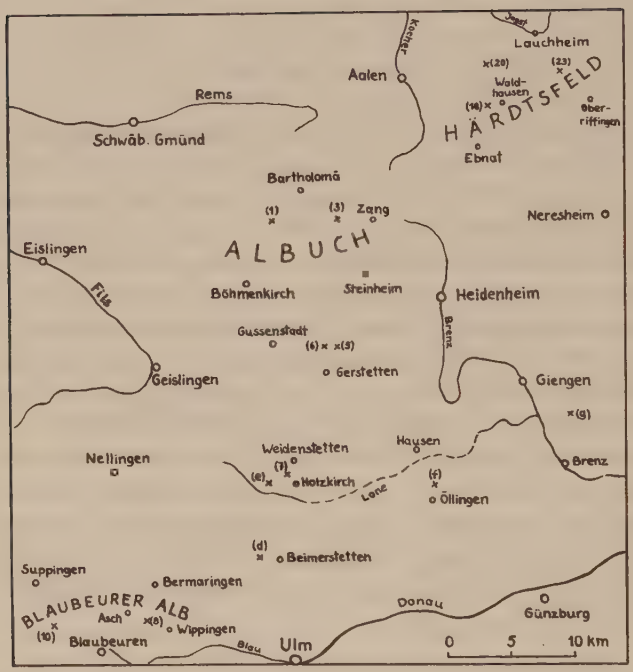


Abb.2. Übersichtskarte der aufgesuchten Gebiete mit einigen Entnahmestellen.

Zunächst werden die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen dargestellt, erst hinterher werden diese Befunde besprochen und interpretiert. Der heutige Baumbestand in der Umgebung der Entnahmestellen ist in den Diagrammen hinter der Bezeichnung der Profilpunkte angeführt.

1. Albuch

Hier wurden im Oktober 1962 4 Stellen zur Probenentnahme aufgesucht. Ihre Lage ist aus Abb. 3 ersichtlich. In dieser Karte sind außerdem die Punkte (a) und (c) auf der Rauhen Wiese eingetragen, an denen HAUFF (1937) Torfproben entnahm. Durch ihre pollenanalytische Untersuchung konnte HAUFF die Waldentwicklung dieses Gebietes ab der EMW-Zeit aufklären. Damit besteht die Möglichkeit, Bodenpollendiagramm und Moordiagramm miteinander zu vergleichen.

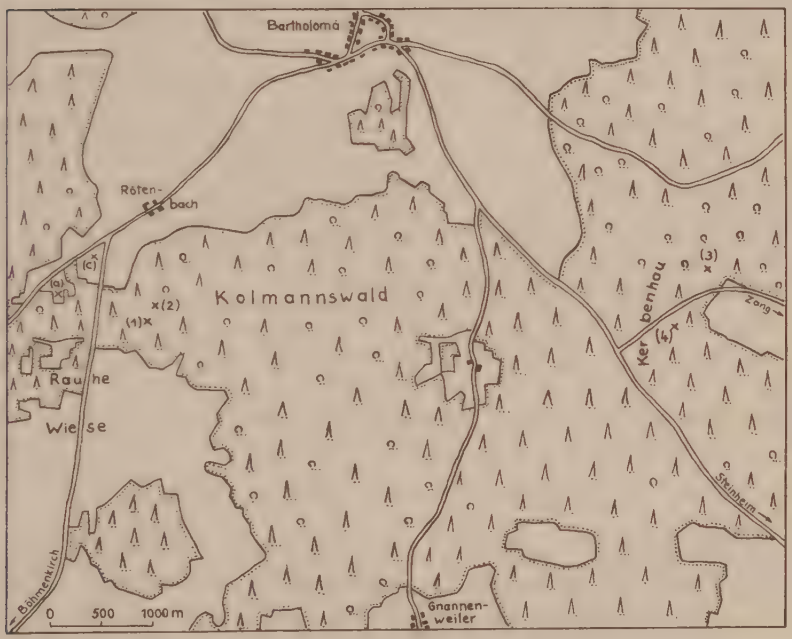


Abb.3. Die Entnahmestellen im Albuch.
(An den Punkten (a) und (c) entnahm Hauff Torfproben.)

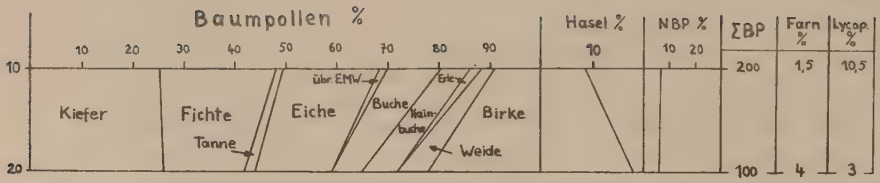


Abb.4. Punkt (1), Kolmannswald (Fichtenreinbestand).

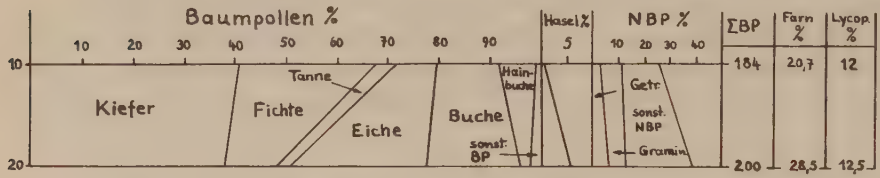


Abb.5. Punkt (2), Kolmannswald (Rotbuchenparzelle zwischen Fichten).

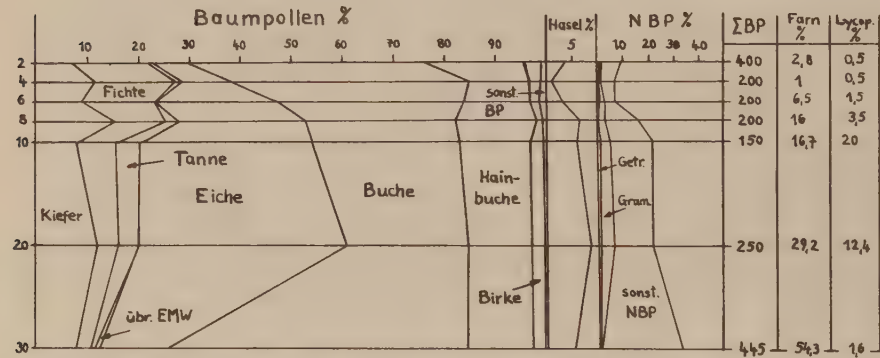


Abb.6. Punkt (3), Kerbenhau (lichter Rotbuchenaltbestand).

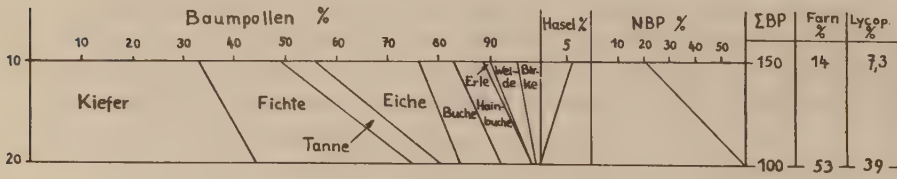


Abb.7. Punkt (4), Kerbenhau (Fichtenaltbestand).

2. Gebiet zwischen Albuch und Blaubeurer Alb

Die Lage der Profilpunkte (5) bis (7) und (d) bis (g) geht aus Abb. 2 (S.10) hervor. Die Proben der Punkte (5) bis (7) wurden vom Verfasser im Oktober 1962 entnommen; die Diagramme der Profile (d) bis (g) wurden von FILZER 1960 und 1961 aufgestellt.

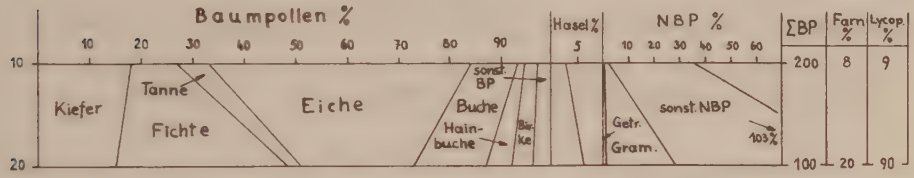


Abb.8. Punkt (5), östl. der Str. Sontheim-Gerstetten (Fichtenbestand).

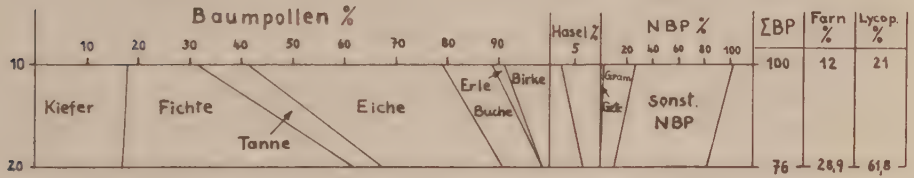


Abb.9. Punkt (6), westl. der Str. Sontheim-Gerstetten (Rotbuche, Eiche).

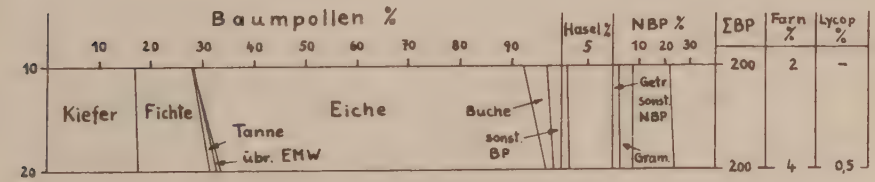


Abb.10. Punkt (7), Schönholz (Eichen-Rotbuchen-Bestand).

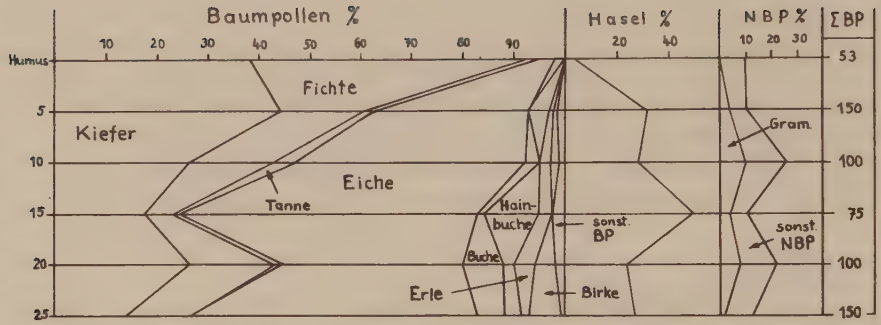


Abb.11. Punkt (d), Jungholz (Eichen, einzelne Rotbuchen und Hainbuchen, in der Nachbarschaft größere Fichtenbestände, im Unterholz Hasel).

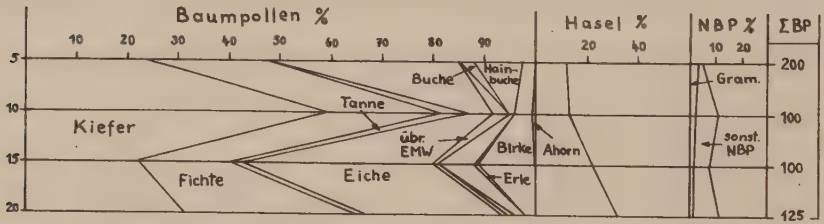


Abb.12. Punkt (e), Klingenhau (vorwiegend alte Eichen, vereinzelt junge Rotbuchen und Hainbuchen).

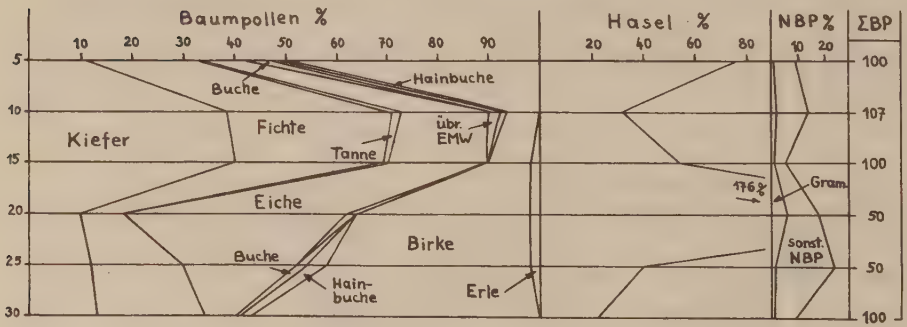


Abb.13. Punkt (f), nördlich von Öllingen.

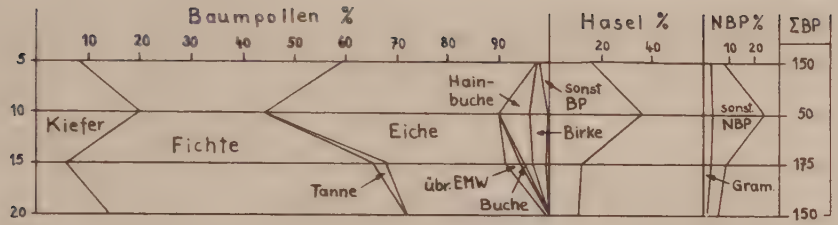


Abb.14. Punkt (g), östl. der Straße Sachsenhausen-Obermedlingen.

3. Borgerhau und Umgebung

Die Diagramme der Profilpunkte (a) und (b) im Borgerhau gehen auf Untersuchungen von FILZER in den Jahren 1959 und 1960 zurück. Das Diagramm von Punkt (a) wurde schon einleitend, allerdings in einem etwas anderen Maßstab dargestellt (s.Abb. 1). Im Oktober 1962 entnahm der Verfasser in der Nähe der vorgeschichtlichen Fundstelle an den Punkten $(8)_1$ und $(8)_2$ weitere Proben. Diese beiden Punkte liegen nur 60 cm auseinander. Ungefähr 300 m nordöstlich von ihnen liegt auf der höchsten Erhebung im Borgerhau die Entnahmestelle (9). Die Plätze (10) bis (17) in der Umgebung vom Borgerhau wurden ebenfalls im Oktober 1962 vom Verfasser aufgesucht; der Profilpunkt (c) wurde von FILZER bearbeitet. Sämtliche Entnahmestellen sind in der folgenden Karte eingetragen.

Abb.15. Die Entnahmestellen auf der Blaubeurer Alb.

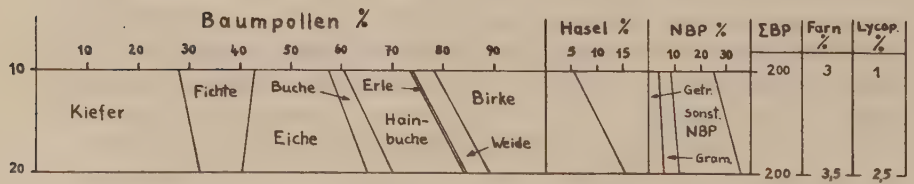


Abb.16. Punkt $(8)_1$, Borgerhau (Birke, Eiche, Rotbuche, Hainbuche und Tanne).

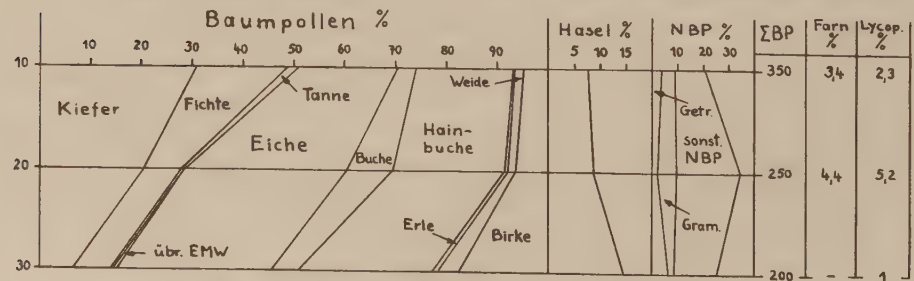


Abb.17. Punkt $(8)_2$, Borgerhau (Mischwald wie an Punkt $(8)_1$).

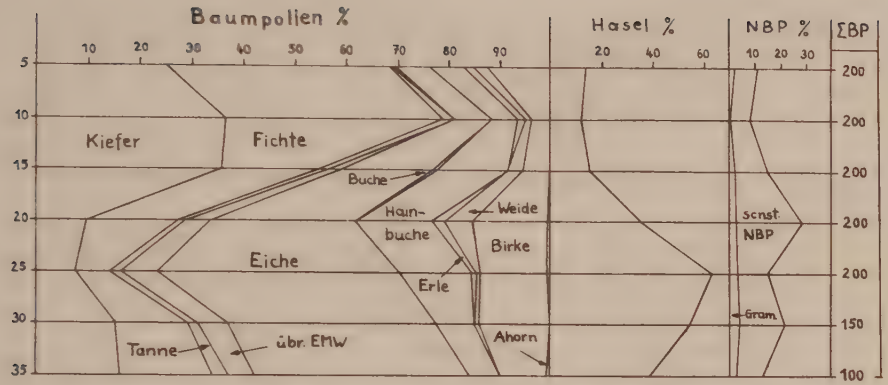


Abb.18. Punkt (a), Borgerhau (Mischwald wie an Punkt $(8)_1$).

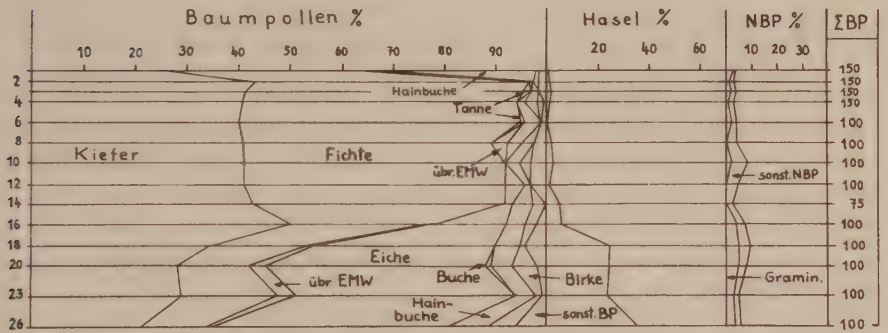


Abb.19. Punkt (b), Borgerhau (Mischwald wie an Punkt $(8)_1$).

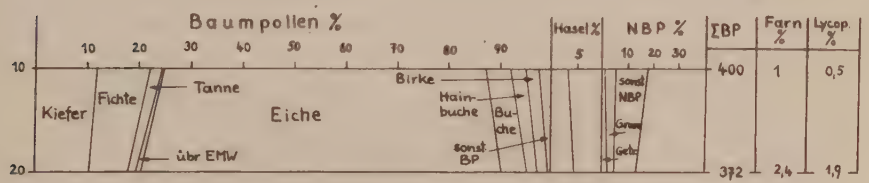


Abb.20. Punkt (9), höchster Punkt vom Borgerhau
(Weißtannenaltbestand, vereinzelt Fichten).

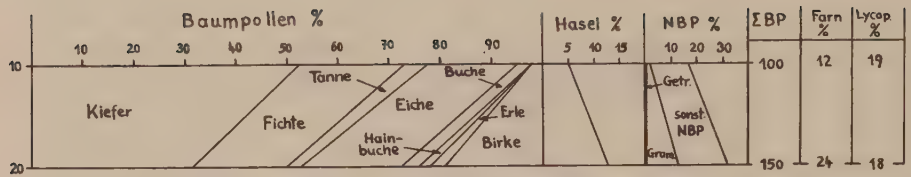


Abb.21. Punkt (10), Rudersbrunnen (Rotbuchenjungbestand).

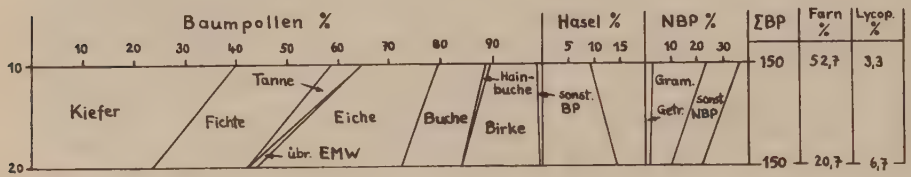


Abb.22. Punkt (11), Buch (Rotbuchen, in der Nähe einige alte Fichten).

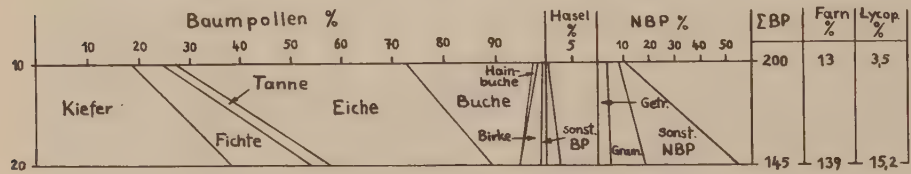


Abb.23. Punkt (12), Buch (Rotbuchenjungbestand).

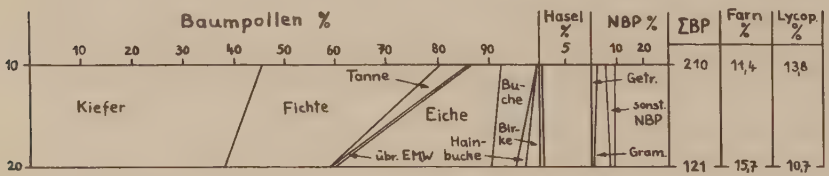


Abb.24. Punkt (13), Attenlauh (Rotbuchenjungbestand).

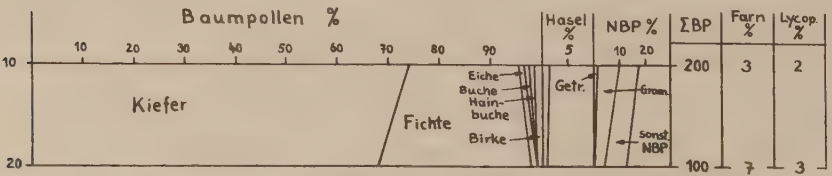


Abb.25. Punkt (14), südlich der Straße Hessenhöfe-Sonderbuch (kleiner, isolierter Fichtenbestand mit einigen Kiefern).

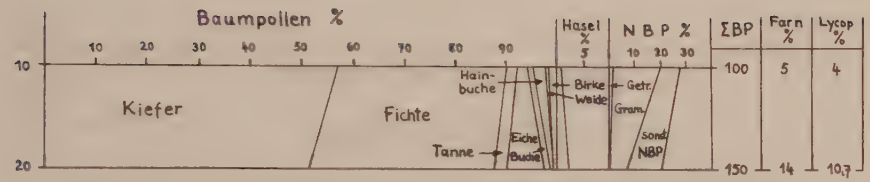


Abb.26. Punkt (15), Flinsenlauh (Rotbuchen, wenige Eichen und Eschen).

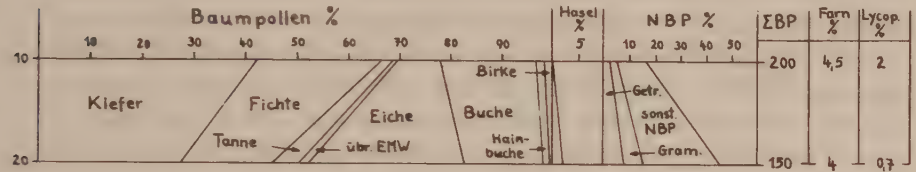


Abb.27. Punkt (16), Abtshau (Rotbuchenaltbestand, i. d. Nähe Fichten).

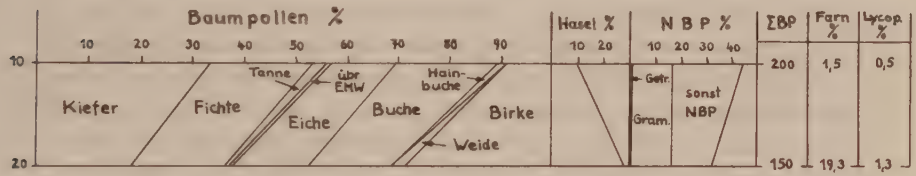


Abb.28. Punkt (17), Abtshau (Fichtenreinbestand).

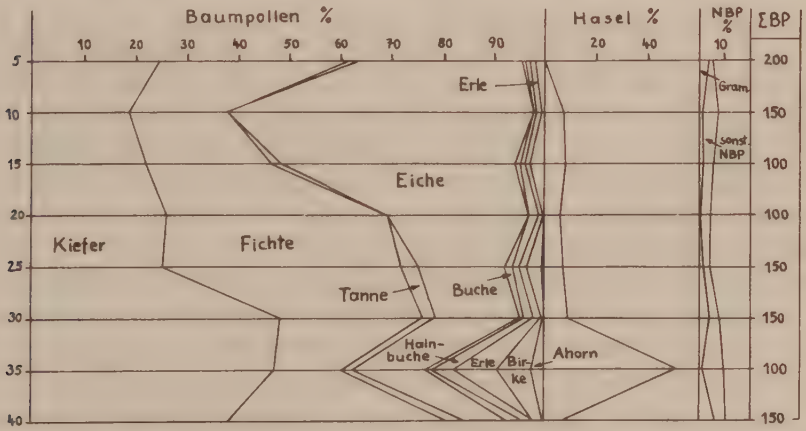


Abb.29. Punkt (c), Asang.

B. Interpretation der Diagramme

1. Allgemeine Bemerkungen

Jeder der aufgesuchten Profilpunkte lieferte Bodenproben mit pollenanalytisch auswertbarem Pollengehalt. Pollenführende Lehme sind demnach auf der Ostalb weit verbreitet; möglicherweise enthalten sogar sämtliche Waldböden im Bereich der lehmigen Albüberdeckung mehr oder weniger bedeutende Mengen an Bodenpollen. Die P o l l e n f ü h r u n g reicht selten tiefer als 30 cm; nur die 35 cm-Schicht von Punkt (a) und die 40 cm-Schicht von Punkt (c) ergaben noch so viel Pollenmaterial, daß Spektren aufgestellt werden konnten. Sonst wurden in der 40 cm-Schicht entweder nur vereinzelte Pollenkörner - z.B. bei den Punkten (3) und $(8)_2$ - oder aber gar keine festgestellt. Dabei unterscheiden sich die pollenleeren Lehmschichten rein äußerlich überhaupt nicht von den pollenführenden Lagen darüber. Die P o l l e n d i c h t e zeigt in den meisten Fällen schon zwischen 10 und 20 cm Tiefe eine deutliche Abnahme. Auch die P o l l e n e r h a l t u n g ist in den oberen Lagen oft besser als in den tieferen.

Ein erster Vergleich hinsichtlich der P o l l e n z u s a m m e n s e t z u n g der Diagramme zeigt: In der Mehrzahl der Diagramme macht der N a d e l h o l z p o l l e n - fast ausschließlich Kiefer und Fichte - mehr als 40 % des Baumpollens aus, sein Anteil kann bis auf 95 % gesteigert sein. Die größte Bedeutung unter dem Laubholzpollen kommt der E i c h e zu. Werte zwischen 20 und 40 % sind häufig, bis zu 70 % werden erreicht. Sehr unterschiedlich ist das Verhalten der R o t b u c h e. Während sie in manchen Diagrmmen völlig fehlt oder nur wenig in Erscheinung tritt, hat sie im Diagramm von Punkt (3) im Albuch ein Maximum von annähernd 60 %. Auch die H a i n b u c h e ist in fast allen Spektren vertreten, ihre Anteile bewegen sich zwischen 0 und 30 %. Von den übrigen Laubhölzern erreicht nur die B i r k e gelegentlich höhere Werte. Die H a s e l spielt in einigen Fällen eine bedeutende Rolle, so in den Diagrammen der

Punkte (a), (d) und (f). sonst erreicht sie nur selten Werte über 20 %.

Eingangs wurde schon kurz dargelegt, daß es sich bei dem Pollenmaterial der Alblehme weder um primären postglazialen noch um interglazialen, sondern um nachträglich durch Infiltration in die fertiggebildeten Bodenschichten geratenen Pollen handelt. Diese Feststellung soll jetzt an Hand der Untersuchungsergebnisse näher begründet werden. Allerdings soll vorerst nicht erörtert werden, wie die Infiltration erfolgt sein könnte. Zunächst interessiert die Frage, aus welchen vegetationsgeschichtlichen Abschnitten das Pollenmaterial stammt. Dabei müssen wir uns daran erinnern, daß bei Infiltrationsdiagrammen - eher als bei gewachsenen Diagrammen - mit der Überlagerung von verschiedenaltrigem Pollen gerechnet werden muß. Ist indessen eine Baumart in einem Spektrum besonders kräftig vertreten, so dürfen wir annehmen, daß zumindest ihr Pollen aus e i n e r Vegetationsphase stammt und das einstige reichliche Vorkommen dieses Baumes in der Umgebung der Entnahmestelle dokumentiert.

2. Der Eichenpollen

Unter dem Laubholzpollen zeigt der Pollen der Eiche die auffallendsten Werte. Er ist nicht nur in den Spektren vom Borgerhau, sondern auch in fast allen übrigen Diagrammen sehr kräftig, teilweise überragend vertreten. Dies geht aus Tab. 1 hervor.

Man ist zunächst geneigt, den Eichenpollen als Dokumentation der E i c h e n m i s c h w a l d - Z e i t anzusehen. (Allerdings könnte es sich dann nur um sekundär infiltrierten und nicht um primären Pollen handeln.) Wie Untersuchungen von BERTSCH (1928) und HAUFF (1937) beweisen, trat der Eichenmischwald auf der Alb sehr deutlich in Erscheinung. "Die EMW-Werte steigen bei Schopfloch bis 82,3 %; im Albuch, wo Quercus 77 %, Tilia 28 % und Ulmus 23 % erreichen, bis 85 %... Auch Corylus ist reichlich vertreten, die Höchstwerte liegen über 80 %" (FIRBAS 1952, S.53).

Punkt	(a)	(c)	(d)	(f)	(g)	(1)	(2)	(3)	(5)
10 cm	7	60	45	16,8	46	19	7,6	33,3	51
20 cm	28	28	35	44	27,3	15	26,5	41,2	22
Punkt	(6)	(7)	$(8)_1$	$(8)_2$	(9)	(11)	(12)	(13)	(16)
10 cm	38	64	14,5	19,4	62,5	14,7	45,5	5,7	8
20 cm	23,7	63,5	24,5	31,6	70,2	28,7	31,7	30,6	30

Tab. 1. Eichen-Anteile einiger Punkte (in %).

Aber gegen diese Interpretation erheben sich Bedenken. So sind die beiden nach der Eiche wichtigsten EMW-Komponenten Linde und Ulme in unseren Diagrammen fast bedeutungslos. Nur in 5 Spektren besitzen sie Werte zwischen 1,5 und 3 %, in den übrigen liegen sie darunter oder fehlen ganz. Dagegen fanden BETRSCH (1928) und HAUFF (1937) diese Bäume in den Profilen der Schopflocher Torfgrube bzw. der Rauhen Wiese in den Spektren der EMW-Zeit deutlich vertreten. Die Ulme erreicht maximal 7,4 bzw. 23,9 %; die Werte für die Linde betragen 35,3 bzw. 28,6 %.[1)] FILZER (1960) stellte in einem wärmezeitlichen Spektrum aus der Nähe von Pfullingen sogar 53 % Tilia fest. Sollte der Eichenpollen wirklich aus dem Atlantikum stammen, müßten die Spektren der Punkte (1) bis (4) neben Eiche auch merkliche Anteile von Linde und Ulme aufweisen, denn diese Punkte liegen nur 1 bzw. 6 km östlich der Rauhen Wiese, deren Diagramm auf eine beträchtliche Beteiligung von Ulme und Linde am Eichenmischwald dieses Gebietes hinweist. Gefunden wurden jedoch insgesamt nur 3 Linden- und 3 Ulmenpollenkörner. Zersetzungsauslese kann keine Rolle spielen, denn gerade

1) Es handelt sich hier nicht um die ursprünglichen Zahlenangaben von BERTSCH und HAUFF. Um einen korrekten Vergleich zu ermöglichen, wurden ihre Werte umgerechnet und auf eine Baumpollensumme ohne Hasel bezogen.

der Lindenpollen gilt als besonders widerstandsfähig. Er ist nicht nur in Torfen, sondern i.a. auch in mineralischen Böden gut erhalten. Die Möglichkeit, daß der Pollen von Linde und Ulme gerade im Lehm schlecht konserviert wird, kann man auf Grund des sehr guten Erhaltungszustandes der 6 in diesen Bodenproben gefundenen Pollenkörner ausschließen.

Nimmt man trotzdem an, daß sich Eichenpollen aus der EMW-Zeit bis heute in den Lehmschichten erhalten konnte, dann muß man - gleiche Erhaltungsbedingungen vorausgesetzt - auch mit Buchenpollen aus der nachfolgenden Buchenzeit rechnen. Tab. 2 gibt eine Zusammenstellung der höchsten Werte:

Punkt	(1)	(2)	(3)	(5)	(6)	$(8)_2$	(12)	(16)	(17)
10 cm	10,5	12,5	28,7	9	10	3,4	24,5	19	20
20 cm	6	18,5	23,6	14	7,9	9,2	5,5	16	16
30 cm			58,8			5,5			

Tab.2. Rotbuchen-Anteile einiger Punkte (in %).

In einigen Profilen ist die Rotbuche zwar mit beträchtlichen Werten vertreten, in vielen anderen aber nur schwach oder überhaupt nicht. Man kann daher die festgestellten Fagus-Anteile nicht als Ausdruck der Buchenzeit betrachten, selbst wenn man beachtet, daß die Buche gewöhnlich unterrepräsentiert erscheint. Dabei gab es auf der Alb "eine sehr ausgeprägte Buchenzeit, in der die Buche alle anderen Pollen an Menge weit übertrifft. Maximum bei Schopfloch 74,2 %, im Albuch 52 %" (FIRBAS 1952, S. 53). Außerdem war die Buche keineswegs auf bestimmte Gebiete beschränkt, denn die "besondere Begünstigung zunächst der Eichenmischwälder und nachher der Buchenwälder dürfte für den größten Teil der Alb gelten. Sie ist ja in diesem Kalkgebirge von vornherein zu erwarten. Bemerkenswert ist, daß die Buche auch im Albuch, wo arme Feuersteinlehme im Umkreis von 5 km um die Untersuchungsstellen etwa 90 % des Bodens bilden, die unbedingte Vorherrschaft besessen hat" (FIRBAS 1952, S. 53).

Während die Rotbuchenwerte einerseits zu gering sind, um die Buchenzeit zu repräsentieren, sind sie doch andererseits ein weiterer Beweis dafür, daß es sich bei dem Pollen der Alblehme nicht um interglazialen Pollen aus der Eem-Zeit handeln kann. Denn "zu diesem Interglazial gehörende sichere Fagus-Vorkommen (sind) in Mitteleuropa bisher nicht bekannt geworden" (FRENZEL 1964).

Mit Zersetzungsauslese läßt sich das Zurücktreten des Buchenpollens gegenüber dem Eichenpollen nicht erklären, denn die Pollenkörner der Rotbuche waren in den Lehmproben mindestens ebenso gut, teilweise sogar besser erhalten als die der Eiche.

Aus alledem geht hervor, daß der Eichenpollen nicht aus der EMW-Zeit stammen kann. Da aber sein gehäuftes Vorkommen eichenreiche Wälder, wie sie heute nicht mehr angetroffen werden, voraussetzt, muß es eine andere Zeit gegeben haben, in der die Eiche auf der Alb weit verbreitet war, Ulme und Linde dagegen kaum eine Rolle spielten. Als eine solche bietet sich die Zeit der eichenreichen Weidewälder des Mittelalters an. Damals wies die Alb ein Waldbild auf, das sich von dem heutigen beträchtlich unterschied. Dazu sagt GRADMANN (1950, S. 59 f.): "In früheren Jahrhunderten war die Eiche allenthalben weit häufiger als heute. Für die Alb bezeugen es übereinstimmend alte Forstbeschreibungen, alte Bilder, manche Ortsnamen und unzählige Flurnamen. Hier kann nur menschliche Einwirkung im Spiele sein. Die Eiche war in alten Zeiten ganz außerordentlich geschätzt, nicht bloß als dauerhaftestes und in jeder Beziehung wertvollstes Nutzholz, ... noch mehr, weil der Eichenwald die reichste Gelegenheit bot für die allgemein geübte Waldweide und Eckerichnutzung ... Die großen Schweineherden, die in den Wald getrieben wurden, wirkten für die Eiche vielleicht sogar verhältnismäßig günstig, da sie das Saatgut doch wohl nicht ganz auffressen konnten, aber durch das Aufwühlen den Boden aufschlossen und ein günstiges Keimbett schufen." Auch durch die früher betriebenen Waldwirtschaftsweisen wurde die Eiche gefördert; vor allem der Mittelwaldbetrieb ist hier zu nennen. Da-

bei läßt man "einzelne Stämme, regelmäßig Eichen, als "Oberständer" stehen und sich durch Samen verjüngen, während der übrige Bestand als Niederwald behandelt wird. Die Hagbuche eignet sich dazu ganz hervorragend, da sie jede Verletzung mit Leichtigkeit wieder ausheilt... Der Mittelwald war die herrschende Betriebsform schon im Mittelalter und bis tief ins 19. Jahrhundert hinein".

Ähnlich äußert sich LOHRMANN (1939) in einem Beitrag zur Forstgeschichte des Albuchs. Er führt u.a. an, daß Flurnamen wie Bärental, Bärenberg usw. nicht das einstige Vorkommen von Bären bezeugen, sondern auf ber = Eber zurückgehen und damit auf Wälder hinweisen, in welche einst die Schweine zur Mast getrieben wurden. In alten Urkunden wird das Recht zur Waldweide oft ausdrücklich erwähnt, vielfach ist die Rede von Sreit um Weidgerechtigkeiten. Die Waldweide beschränkte sich im übrigen keineswegs auf Schweine, auch Rinder und Schafe wurden in die Wälder getrieben.

Wie erwähnt, diente die Hainbuche häufig als Unterholz im Mittel- und Weidewald. Sie wurde zwar in der Regel geschlagen, ehe sie zum Blühen kam, aber die Hainbuche war hier der Rotbuche überlegen, da sie sich leicht durch Stockausschläge verjüngen konnte. Dagegen ist die Hainbuche "dort der Konkurrenz der Rotbuche in keiner Weise gewachsen, wo eine solche in Erscheinung treten kann. ... Heute findet sich die Hainbuche im eigentlichen Albuch nur an Stellen, die eindeutig als alte Weidewälder kenntlich und nachweisbar sind" (HAUFF 1937). In den von uns untersuchten Lehmproben wurden folgende Höchstwerte festgestellt (Tab. 3):

Punkt	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	$(8)_1$	$(8)_2$	(9)	(a)
10 cm	6	7,1	13,3	6	1,5	13	19,1	3	5
20 cm	7	2	12	6	5	14	22	2,2	15
30 cm			11,9				26		

Tab. 3. Hainbuchen-Anteile einiger Punkte (in %).

Die Weidewälder kommen auch in den oberen Spektren der Torfdiagramme zum Ausdruck. Die Eiche, die auf der Rauhen Wiese während der Buchenzeit bis auf 1 % zurückgegangen war, erreicht in der geschichtlichen Zeit wieder Anteile bis zu 12 %. Einen ähnlichen Wiederanstieg der Eiche fand BERTSCH (1928) in Profilen der Schopflocher Torfgrube und vom Wasenried. Die Hainbuche ist in diesen Spektren ebenfalls vertreten, in der Rauhen Wiese erreicht sie 4 %, im Schopflocher Diagramm 6,5 %. Die neuerliche Zunahme der Eiche "als offenbare Folge der Begünstigung des masttragenden Baumes während der Plenterwirtschaft des Mittelalters und der älteren Neuzeit" wurde auch sonst vielfach festgestellt. "Besonders auffällig ist der mittelalterliche und frühneuzeitliche Eichengipfel in einigen südwest- und mitteldeutschen Gebirgen, wie in den Vogesen und im Schwarzwald, in der Rhön und im Vogelsberg" (FIRBAS 1949, S. 89). Dagegen fehlen Ulme und Linde in diesen Spektren fast vollständig; diese Bäume hatten nicht die wirtschaftliche Bedeutung der Eiche und fanden daher keine Förderung.

HAUFF (1937) untersuchte im Albuch außer den Torfprofilen der Rauhen Wiese auch einige Rohhumusböden auf ihren Pollengehalt. So fand er z.B. in einer Probe aus einem 80-jährigen Buchenbestand mit einzelnen Eichen in 5 cm Tiefe 45 % Quercus, 35 % Fagus, 6 % Betula, 6 % Pinus, 5 % Picea, 2 % Abies und 1 % Carpinus. HAUFF interpretiert dieses Spektrum so: "Der repräsentierte Bestand enthält mehr Eichen als der heutige, dagegen wie der heutige die Weißbuche nur spärlich. Vermutlich stammt die Probe aus der Weidewaldzeit, in der der lichte Wald wohl zahlreiche alte Eichen enthielt."

In diesem Zusammenhang sind die Untersuchungen von WERTH & BAAS (1936) und FIRBAS & BROIHAN (1937) über das Alter der Trockentorfschichten im Hils von Interesse. WERTH & BAAS fanden in einem Fichtenbestand unter einer 12 cm dicken Trockentorfschicht in stark humosem Sand 66,7 % Quercus, 16 % Fagus und 1,3 % Carpinus. Diese Werte repräsentieren ihrer Ansicht nach zusammen mit denen

der untersten Trockentorfschicht (56,7 % Quercus, 14,7 % Fagus) eine späte Phase der EMW-Zeit. Den Beginn der Trocketorfbildung glaubten sie daher 5 000 - 7 000 Jahre vor die Gegenwart zurückdatieren zu können. In einer Kritik dieser Befunde geben FIRBAS & BROIHAN u.a. zu bedenken, daß Linde und Ulme in den Spektren des angeblichen Eichenmischwaldes fehlen, die erst später sich ausbreitende Hainbuche dagegen schon da ist. Außerdem hätten ihrer Ansicht nach WERTH & BAAS auch die Möglichkeit erwägen müssen, daß "der hohe Gehalt der untersten Proben an Eichenpollen auf einen eichenreichen, rohhumusbildenden Bestand aus der Zeit kurz vor der Anpflanzung der Fichte zurückgehen könnte". FIRBAS & BROIHAN kommen auf Grund ihrer Nachuntersuchungen zu folgendem Ergebnis: Der größte Teil der Rohhumusschichten wurde während der Fichtenzeit gebildet. Die Bildung der untersten, oft kaum mehr vorhandenen Laubholzschichten begann frühestens 1 - 2 Jahrhunderte vor der Einführung der Fichte während der Buchenzeit. Die Eiche fanden sie mit weniger als 10 % vertreten, "doch mögen eichenreiche Grundproben da und dort, wenn auch seltener, im Gebiet vorkommen". Leider geben sie nicht an, wie sie solche "eichenreiche Grundproben" deuten würden, dennoch sind die Parallelen zu unserem Problem - in Fragestellung und Argumentation - offensichtlich.

Alle diese Befunde berechtigen zu der Feststellung, daß der Eichenpollen der untersuchten Lehmproben aus eichenreichen Wäldern des Mittelalters und der älteren Neuzeit stammt. Das gleiche trifft auf den Hainbuchenpollen zu. Die Folgerung, daß auch das restliche Pollenmaterial ein ähnliches, zumindest nicht wesentlich höheres Alter aufweist, ist zwar nicht zwingend, aber doch einleuchtender als jede andere Hypothese.

3. Der Nichtbaumpollen und die Sporen

Nichtbaumpollen und Sporen sind an einigen Diagrammen mit hohen Werten beteiligt. Dies geht aus Tab. 4 hervor:

Punkt	(2)			(3)			(4)		
	NBP	Farn	Lyc.	NBP	Farn	Lyc.	NBP	Farn	Lyc.
10 cm	26,1	20,7	12	22	16,7	20	20,6	14	7,3
20 cm	38,5	28,5	12,5	21,6	29,3	12,4	60	53	39
Punkt	(5)			(6)			(12)		
10 cm	32,5	8	9	104	12	21	10,5	13	3,5
20 cm	97	20	90	82,9	28,9	61,8	54,5	139	15,2

Tab.4. NBP- und Sporen-Anteile einiger Punkte (in %).

Die Höhe von NBP-Werten hängt außer von der Walddichte auch davon ab, ob die Pflanzen der Krautschicht viel oder wenig Pollen erzeugen. So weist FIRBAS (1949, S.27) darauf hin, daß die Pollenerzeugung z.B. von Seggensümpfen und Calluna-Heiden so groß sein kann, daß selbst in bewaldeten Gebieten NBP-Werte über 100 % zustande kommen, während sonst in weitgehend geschlossenen Waldgebieten die Häufigkeit der NBP gewöhnlich weniger als 100 % beträgt. Ein bestimmter NBP-Wert spricht daher um so eher für eine geringe Waldbedeckung, "aus je mehr verschiedenen Pollenarten er sich zusammensetzt" (FIRBAS 1949, S. 27).

Da in keinem unserer Diagramme eine bestimmte NBP-Art ausschließlich vorherrscht, können wir die NBP-Werte der angeführten Punkte als Hinweise auf das einstige Vorkommen mehr oder weniger lichter Wälder betrachten. In einigen Spektren der Punkte (4), (5), (6) und (12) machen die NBP-Anteile mehr als 50 % aus; sie liegen damit bei Werten, wie sie JONASSEN (1950) bei der Untersuchung von Oberflächenproben in Jütland und Seeland auf kleinen Waldlichtungen angetroffen hat. Innerhalb der Wälder fand JONASSEN den NBP gewöhnlich mit weniger als 50 % vertreten.

So problematisch ein Vergleich mit NBP-Werten aus anderen Wäldern auch sein mag, so zeigen die genannten Zahlen doch, daß an einigen der untersuchten Stellen der Wald einst sehr licht gewesen

sein muß. Als solcher Waldtyp kommt, vor allem wenn hohe NBP-Werte zusammen mit hohen Eichenwerten auftreten, wiederum der Weide- bzw. Mittelwald des Mittelalters in Betracht, denn diese Waldwirtschaftsweisen wirkten oft geradezu waldverwüstend und förderten dadurch das Aufkommen einer Bodenvegetation.

Möglicherweise dokumentieren auch die hohen Sporenwerte, besonders vom Bärlapp, das einstige Vorkommen lichter, speziell eichenreicher Wälder, denn HAUFF (1937) stellte fest, daß der Kolbenbärlapp und andere Leitpflanzen des Nardetums auf der Alb nie in einem Buchenwald irgendeiner Art vorkommen, "dagegen finden sie sich überall im Eichenbirkenwald, der ihnen viel größeren Lichtgenuß gewährt". Das verbreitete Auftreten von Lycopodiumsporen in den Proben - überwiegend L. clavatum - beweist, daß Lycopodium früher sehr viel häufiger und weiter verbreitet war als heute, denn an keinem der aufgesuchten Plätze wurde Bärlapp gefunden. Die Farnsporen näher zu identifizieren, war nicht möglich, da nur glatte Sporen auftraten. Ob es sich dabei um Sporen vom Frauenfarn oder um perisporlose Sporen anderer Farne handelte, ließ sich nicht entscheiden.

4. Der Getreidepollen

Als Grenze zwischen Getreide- und Wildgrastyp findet man unterschiedliche Werte angegeben. Bei mit KOH behandeltem Material liegt sie nach FIRBAS (1937) bei 35 µm Pollenkorndurchmesser. Für azetolysiertes Material wird sie höher angesetzt, z.B. STRAKA (1952) 43 µm, GRONBACH (1961) 50 µm. BEUG (1961) gibt folgende Definition des Getreidetyps:

Größter Durchmesser	>	37,0 µm	
Porendurchmesser	>	2,7 µm	
Anulus-Breite	>	2,7 µm	
Anulus-Dicke	>	2,7 µm	(meist > 3,0 µm)

Nach BEUG "müssen alle 4 Bedingungen erfüllt sein, um ein Gramineen-PK zum Getreidetyp rechnen zu können". BEUG hat die Grenze

(37 µm) deshalb so niedrig angesetzt, damit auch die verhältnismäßig kleinen Pollenkörner von Triticum monococcum und von verschiedenen Avena-Arten unter den Getreidetyp fallen. In unserem Fall kam es weniger darauf an, alle eventuell vertretenen Getreidearten zu erfassen, als überhaupt das Vorkommen von Getreidepollen nachzuweisen. Deshalb wurden in dieser Untersuchung alle die Gramineenpollenkörner zum Getreidetyp gestellt, die einen Pollenkorndurchmesser von mindestens 45 µm und einen Porendurchmesser von mindestens 3 µm aufwiesen. In fast allen Proben waren Pollenkörner dieser Größe vertreten, von 130 PK wurden die Meßergebnisse notiert und folgende Durchschnittswerte errechnet: Pollenkorndurchmesser 53 µm, Porendurchmesser 3,9 µm. Gelegentlich wurden Durchmesser von über 60 µm, maximal 68 µm festgestellt.

FIRBAS (1937) weist nachdrücklich darauf hin, daß sich unter den zum Getreidetyp zu rechnenden Gramineenpollenkörnern auch Pollenkörner von Wildgräsern befinden können und "daß ein ganz vereinzeltes Vorkommen eines dem Getreidetyp zuzurechnenden Pollens keinerlei brauchbare Auswertung gestattet". Auch STRAKA (1952) führt das vereinzelte Auftreten von Pollen vom Getreidetyp in spät- und frühpostglazialen Proben der Vulkaneifel auf Wildgräser, insbesondere auf polyploide Formen zurück. In unserem Fall kämen in Frage: Bromus erectus, B. ramosus, Elymus europaeus und Alopecurus pratensis. Tab. 5 gibt einen Überblick über deren Pollenkorngrößen:

	Pollenkorndurchmesser in µ	
	Min. - Max.	Mittl. Wert
Bromus erectus	32,5 - 48,4	40 - 41,6
Bromus ramosus	-	ca. 43
Elymus europaeus	35,8 - 50,4	43,4
Alopecurus pratensis	25,2 - 51,1	34,9 - 38,5

Tab. 5. Pollenkorndurchmesser einiger Wildgräser.
Nach ROHDE aus BEUG (1961).

Aus der Tabelle geht hervor, daß bei allen 4 Arten der mittlere Wert deutlich unter den als Grenze angesetzten 45 µm liegt. Selbst wenn es sich bei einigen Pollenkörnern, die ich dem Getreidetyp zugerechnet habe, in Wirklichkeit um Wildgraspollen handeln sollte, so kommen doch ohne Zweifel in den untersuchten Bodenprofilen Getreidepollenkörner vor. Diese treten keineswegs vereinzelt auf, die Anteile betragen durchschnittlich 2 - 3 %, maximal 7,3 %. In Moordiagrammen werden meist nicht wesentlich höhere Werte erreicht und 10 % selten überschritten.

Da der Eichenpollen der Proben aus den Weidewäldern des Mittelalters und der älteren Neuzeit stammt, liegt es nahe, den Getreidepollen mit dem Getreideanbau jener Zeit in Verbindung zu bringen. Könnte er jedoch nichtteilweise den Ackerbau der vorgeschichtlichen Zeit dokumentieren? Im Abschnitt "Das Ackerfeld" schreibt GRADMANN (1950, S. 234): "Die Schwäbische und die Fränkische Alb sind die einzigen unter den deutschen Mittelgebirgen, die auch schon in vorgeschichtlicher Zeit, bis in die jüngere Steinzeit zurück, und zwar von ackerbautreibenden Völkern reich besiedelt waren." Ob der sicher nicht allzu ausgedehnte Ackerbau jener Zeit in all den weitverstreuten Profilpunkten seine Spuren hinterlassen hat, ist aber mehr als fraglich. So ist der Getreidepollen der Profile vom Albuch und vom nördlichen Härdtsfeld bestimmt nicht so alt, denn aus diesen Gebieten sind bis jetzt nur wenige vorgeschichtliche Siedlungsspuren bekannt geworden (GRADMANN 1931, S. 304, PARET 1961).

Nach HAUFF (1936) datieren die ältesten Spuren menschlicher Besiedlung im Albuch aus der Hallstattzeit. Er nimmt an, daß es damals noch keine Siedlungen ackerbautreibender Bauern gab. "Gerodet wurde mindestens in den Kerngebieten des Albuchs erst um die Jahrtausendwende, das bezeugen die Ortsnamen und die Weilerformen der Siedlungen ... Die Rodung im Gebiet der Rauhen Wiese ist also wohl ins späte Mittelalter zu verlegen." GRADMANN (1950, S. 359 f.) weist darauf hin, daß die Siedlungsräume der Alb sich seit der Bronzezeit bis zum Anbruch des Mittelalters gleich geblieben sind.

Erst unter den Franken begann man die Urwälder mit Rodungen zu durchsetzen. Diese innere Kolonisation "nahm das ganze Früh- und Hochmittelalter, etwa bis zum Jahr 1300, in Anspruch, über sechs Jahrhunderte."

Aus all diesen Angaben folgt, daß der Getreidepollen der Lehmproben den Ackerbau der geschichtlichen Zeit - frühestens ab der Jahrtausendwende - manifestiert. Nur durch Zufall könnten eventuell Spuren des vorgeschichtlichen Ackerbaus erfaßt worden sein. Die wichtigste Getreideart während des Mittelalters und bis in die neuere Zeit hinein war der seit der Bronzezeit auf der Alb heimische Dinkel (Triticum spelta); ebenfalls von Bedeutung war und ist bis heute der Hafer (Avena sativa); Roggen (Secale cereale) wurde dagegen kaum angebaut (GRADMANN 1950, S. 234 f.). Vermutlich stammen also die meisten Getreidepollenkörner vom Dinkel und Hafer. Der Mittelwert von 53 µm für die 130 ausgemessenen Pollenkörner bestätigt diese Annahme, denn die mittleren Werte betragen beim Dinkel 53,8 - 63,7 µm und beim Hafer 49,1 - 55 µm (nach ROHDE aus BEUG 1961). Vereinzelt wurden die charakteristischen Pollenkörner vom Roggen gefunden.

5. Bodenpollendiagramme und Bestandesgeschichte

Nachdem wir sowohl den Eichen- und Hainbuchenpollen als auch den Getreidepollen in die geschichtliche Zeit gestellt haben, können wir ohne größere Bedenken auch die übrigen Pollengattungen der Profile in diesen Zeitraum einordnen. Da nach übereinstimmender Ansicht vieler Autoren das unter Bäumen niedersinkende Pollenmaterial hauptsächlich die Zusammensetzung des betreffenden Bestandes widerspiegelt - wenngleich u.U. auch im Wald der Ferntransport eine gewisse Rolle spielt (MULLENDERS 1962, HEIM 1963) -, können wir unsere pollenanalytisch ermittelten Befunde als Hinweise auf die Bestandesgeschichte der untersuchten Profilpunkte betrachten. Wir dürfen allerdings nicht versuchen, aus dem Bodenpollendiagramm den Ablauf der Bestandesgeschichte in allen Einzelheiten herauslesen zu wollen, einige

bestandesgeschichtliche Fakten lassen sich dennoch aufzeigen. Das soll für einige Standorte geschehen.

a) B o r g e r h a u (Diagramme S.16 und 17). Die Nähe der 3 Ortschaften Asch, Wippingen und Sonderbuch spricht dafür, daß der Borgerhau einst als Weidewald genutzt wurde. Die Eiche, die noch im heutigen Mischwald vorkommt, nahm darin eine domonierende Stellung ein. Auch die Hainbuche wird durch die Diagramme als häufiger Bestandteil dieses Weidewaldes ausgewiesen. Ihr plötzlicher Anstieg auf 30 % im 1 cm-Spektrum von Punkt (b) ist wohl auf den Einfluß rezenter Hainbuchen in der Nähe der Entnahmestelle zurückzuführen. Was den Pollen der übrigen Laubbäume betrifft, so kann dieser ebenfalls aus der Zeit der Weidewälder stammen. Gerade die Birke mag, wie ihre z.T. beträchtlichen Werte zeigen, in dem lichten Wald manchmal günstige Bedingungen vorgefunden haben. Dagegen war die Rotbuche sicher nur ganz vereinzelt anzutreffen. Die unterschiedlich hohen Hasel-Werte können rein lokale Ursachen haben, denn auch hier gilt, was MOTHES, ARNOLDT & REDMANN (1937) für Trockentorf feststellten, "daß bereits in Baumabständen das Pollenbild... sich ganz grundlegend verändern kann." Möglicherweise kam die Hasel innerhalb des Waldes nur selten zum Blühen; sie kann, wie BORSE (1939) und BREITENFELD & MOTHES (1939) betonen, mit das wichtigste Unterholz sein, ohne daß sich das im Pollenbild besonders bemerkbar macht. Der vor allem in den oberen Diagrammabschnitten kräftig vertretene Fichten-Pollen repräsentiert den auf der Alb allgemein seit Beginn des 19. Jahrhunderts, im nördlichen Härdtsfeld auch schon früher eingeführten Fichtenanbau. Er mag, wie auch der Kiefern-Pollen, z.T. auf Weit- und Ferntransport zurückgehen, da an den untersuchten Stellen die Fichte zumindest heute nur geringe Bedeutung hat.

b) K e r b e n h a u (Diagramme S. 12). Das Diagramm von Punkt (3) ist charakterisiert durch die fast völlige Bedeutungslosigkeit des Nadelholzpollens. Der in den oberen 8 cm vorherrschenden Rotbuchen-Pollen zeigt den heutigen Bestand. Davor gab es, wie das Diagramm zwischen 8 und 20 cm erkennen läßt,

an dem untersuchten Standort einen an Eichen reichen Wald. Dieser eichenreiche Wald hatte eine ziemliche Ausdehnung, denn auch das 10 cm-Spektrum des 900 m entfernten Profilpunktes (4) weist 20,6 % Quercus auf. Wir nehmen an, daß es sich dabei um einen Weide- bzw. Mittelwald handelte, in dem die Hainbuche eine wichtige Rolle spielte (bei Punkt (3) Werte zwischen 11 und 16 %, bei Punkt (4) 6 %). Ob auch die Rotbuche in diesem Wald so stark in Erscheinung trat, wie man auf Grund des Diagrammes glauben möchte, läßt sich nicht entscheiden. Ihr Anstieg auf fast 60 % in 30 cm Tiefe legt die Vermutung nahe, daß hier vor dem eichenreichen Mischwald ein fast reiner Buchenbestand stockte. Diese Vermutung ließe sich aber nur dann verifizieren, wenn weitere Diagramme aus der näheren Umgebung entsprechende Fagus- und Quercus-Kurven ergeben würden. So kann man eben nicht ausschließen, daß durch eine Profilstörung rezenter Buchenpollen in tiefere Schichten als der Eichenpollen geraten ist. Eine solche Profilstörung dürfte im Fichtenbestand bei Punkt (4) vorliegen, denn anders läßt sich die Verdopplung des Fichtenanteils in der 20 cm-Schicht und der gleichzeitige Rückgang der Eiche von 20,6 auf 3 % nicht erklären.

c) P u n k t e (5) und (6) (Diagramme S. 13). Die beiden Entnahmestellen liegen etwa 40 m auseinander, östlich bzw. westlich der Straße Sontheim-Gerstetten. Obwohl beide Stellen heute einen unterschiedlichen Waldbestand tragen (reiner Fichtenbestand bzw. Rotbuchen mit vereinzelten Eichen), zeigen sie in ihrem Pollenbild eine auffallende Übereinstimmung. An beiden Plätzen herrschte einst ein lichter, eichenreicher Wald mit einer dichten Bodenflora. Ob die reichlich vorkommenden Farn- und Bärlappensporen ein ähnliches Alter haben wie der Nichtbaumpollen, läßt sich kaum entscheiden, da sich gerade die Sporen besonders gut erhalten und daher auch älter sein können. In beiden Fällen nimmt der Fichtenanteil mit der Tiefe zu, der Eichenanteil dagegen ab. Auch hier muß man wieder an Profilstörungen denken, da es unwahrscheinlich ist, daß dem eichen-

reichen Wald ein Fichtenbestand vorausging.

Die ungefähre zeitliche Einordnung des Bodenpollens ist zwar auf Grund der angeführten Befunde schon hinreichend gesichert, doch fänden die Altersangaben durch den Nachweis eindeutiger Parallelen zwischen Pollengehalt einerseits und archivalisch ermittelter Bestandesgeschichte andererseits eine weitere überzeugende Bestätigung. Man muß sich allerdings darüber klar sein, daß mit archivalischen Methoden nur ein verhältnismäßig kleiner Zeitraum der Bestandesgeschichte eines bestimmten Waldstückes erfaßt werden kann. "Erst ab etwa 1600 liegen Hölzerbeschreibungen vor, die uns erlauben, eine Geschichte der einzelnen Waldorte zu schreiben. Vorher können wir den Wald nur in seiner Gesamtheit behandeln, wobei uns als Hauptquellen dienen: die Siedlungsgeschichte, die Namen der Waldorte, ferner Flur- und Ortsnamen" (JÄNICHEN 1951).

Ein brauchbarer Hinweis archivalischer Natur fand sich für den Distrikt Schönholz, in dem der Profilpunkt (7) liegt. In der Beschreibung von "Ulm mit seinem Gebiete" von HAID (1786) heißt es auf S. 569: "An der Straße nach Weidenstetten steht eine uralte Linde, wo vor Zeiten Gericht gehalten wurde. Über der Straße hinüber liegt ein sehr beträchtliches Holz, das Schönholz, welches durchaus mit den schönsten Eichenstämmen bewachsen ist." Da im Schönholz noch heute die Eiche überwiegt, ist sie vermutlich seit ungefähr 250 Jahren der hier vorherrschende Waldbaum. Die Eichenpollenwerte von 64 bzw. 63,5 %, die in den Proben aus 10 bzw. 20 cm Tiefe auftraten, stimmen mit dieser Vorstellung gut überein.

Um einen eingehenden Vergleich zwischen pollenanalytischen und bestandesgeschichtlichen Befunden durchführen zu können, wurden zu weiteren Probenentnahmen Waldgebiete des nördlichen Härdtsfeldes aufgesucht. Die Waldgeschichte dieses Teils der Ostalb hat durch JÄNICHEN (1951) eine ausführliche, vor allem auf dem Studium von forstkundlichen Akten beruhende Untersuchung und Beschreibung erfahren. Die bestandesgeschichtliche Entwicklung, auch kleiner

Waldstücke, wurde von JÄNICHEN in waldgeschichtlichen Karten festgehalten; sie läßt sich bis 1650 zurückverfolgen. Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen von Bodenproben aus dem nördlichen Härdtsfeld dargestellt und mit den waldgeschichtlichen Angaben verglichen. Die angeführten Zitate stammen alle aus der Untersuchung von JÄNICHEN (1951).

C. Bodenpollendiagramme vom nördlichen Härdtsfeld

1. Umgebung von Waldhausen

Im Juni 1963 wurden an den Profilpunkten (18) bis (21) in der Nähe von Waldhausen Bodenproben entnommen. Die Lage der Entnahmestellen geht aus den Karten der Abb. 2, S.10 und Abb. 30, S. 37 hervor. Es wurden solche Plätze aufgesucht, die den waldgeschichtlichen Karten von JÄNICHEN zufolge unterschiedliche Bestandesentwicklungen durchmachten. Die Proben von Punkt (19) waren wegen offensichtlicher Pollenzerstörung nicht auswertbar.

a) Eichwald, Punkt (18)

Um 1650 wies der Eichwald, wie Abb. 30 zeigt, einen reinen Eichenbestand auf. Dazu schreibt JÄNICHEN: "Die Wirkung übermäßiger Rindvieh- und Schweine-Beweidung wird an dem Eichwald südwestlich von Waldhausen sichtbar. Die Schweine- und Rindviehweide-Servituten, die auf ihm ruhten, sind der Ortsnähe halber und weil der Eichwald beinahe isoliert in der Feldflur liegt, übermäßig stark beanspruch worden. Deshalb hat sich hier unter menschlicher Beihilfe ein Eichenwald gebildet... Noch 1750 wurde der Waldhäuser Eichwald mit Eicheln angesteckt." Auf den waldgeschichtlichen Karten für 1760 und 1820 wird Laubwald ange-

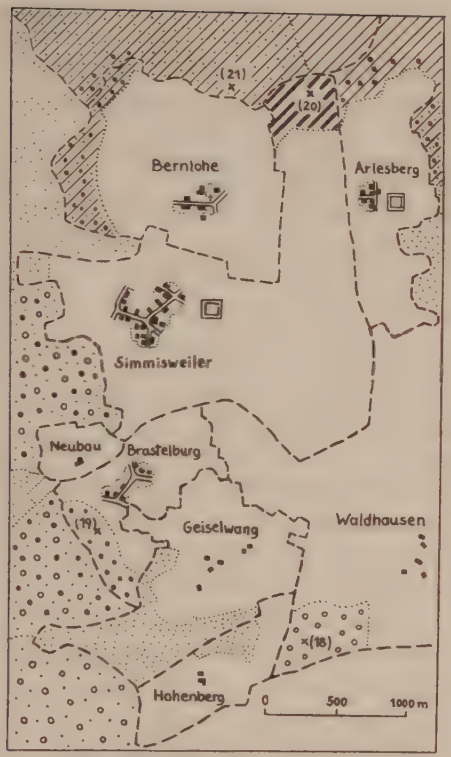


Abb.30. Ausschnitt aus der waldgeschichtlichen Karte mit der Bestockung um 1650. Aus JÄNICHEN 1951.

geben. Aus den Anmerkungen von JÄNICHEN ist zu schließen, daß vor allem Eichen beteiligt waren. Heute stocken im Eichwald vorwiegend Fichten; 200 - 300 m von der Entnahmestelle entfernt stehen am Waldrand einige alte Rotbuchen und Eichen. Damit ergibt sich folgende Bestandesgeschichte:

Heute - Fichte

1820
1760 } - Laubwald (Eiche)

1650 - Eiche

Die entscheidende Frage war: Gibt das Bodenpollendiagramm diese bestandesgeschichtliche Entwicklung wieder? Die Ergebnisse der pollenanalytischen Untersuchungen sind im Diagramm der Abb. 31 dargestellt.

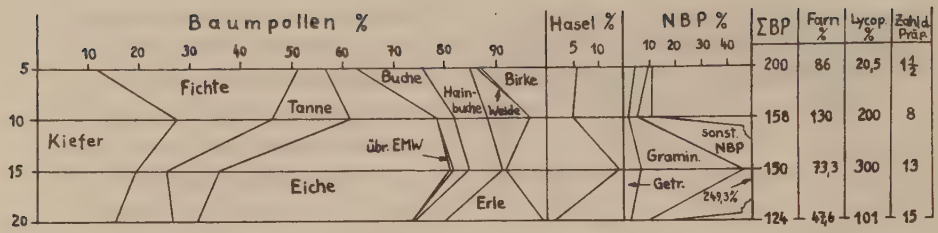


Abb.31. Punkt (18), Eichwald (Fichtenbestand).

Das einstige Vorkommen eines Eichenwaldes wird durch die Bodenpollenanalyse bestätigt, denn in der 15 und 20 cm-Schicht dominiert die Eiche. Der Fichten-Anbau der jüngsten Zeit findet in 5 cm, z.T. auch in 10 cm Tiefe seinen Ausdruck. Die Hainbuche erscheint mit ähnlichen Werten wie in den bisherigen Diagrammen, vermutlich war auch sie in dem einstigen Weidewald vorhanden. Von den EMW-Komponenten taucht nur die Linde einmal mit einem Pollenkorn auf. Der Anstieg der Rotbuche auf über 10 % in der 5 cm-Schicht geht wahrscheinlich auf den heutigen Bestand am Waldrand zurück. Die teilweise hohen Erlen-Werte lassen sich am besten mit einstigen lokalen Beständen erklären. Wie in vielen der bisher untersuchten Profilen ist auch die Kiefer stark vertreten, die Tanne weist ebenfalls beträchtliche Werte auf. Wir müssen beide auf Weit- oder Ferntransport zurückführen, wobei zunächst die Frage ihrer Herkunft ausgeklammert werden soll.

Was den Nichtbaumpollen betrifft, so fällt sein gewaltiger Anstieg in der 15 cm-Schicht auf. Der NBP-Wert beträgt fast 250 %, davon entfallen 47,3 % auf Gramineen und 72 % auf Ericaceen. Bei letzteren handelt es sich vermutlich um Heidekraut, das sich infolge der Waldverlichtung durch die Waldweide ausbreiten konnte. Die Heidelbeere kommt weniger in Betracht; dies geht daraus hervor, daß die 5 cm-Schicht völlig frei von Tetraden ist, obwohl heute an der untersuchten Stelle die Heidelbeere gedeiht, allerdings in kümmerlichen, überwiegend sterilen Beständen. Mit relativ

hohen Werten tritt der Getreide-Pollen hervor, was aber wegen der geringen Entfernung zum freien Feld nicht überrascht. Erwähnenswert ist das massenhafte Auftreten von Farn- und Lycopodium-Sporen.

Das Diagramm vom Eichwald stimmt mit einigen der vorne angeführten Diagramme (z.B. Borgerhau, Kerbenhau) in wichtigen Punkten überein. Folgende Gemeinsamkeiten fallen auf: hoher Eichenanteil bei fast völligem Fehlen der übrigen EMW-Komponenten, stetige Hainbuchenwerte, hohe Werte für NBP, Bärlapp und Farn, Auftreten von Getreidepollen. Dieses ähnliche pollenanalytische Bild beruht sicher auf einer ähnlichen Bestandesgeschichte. Unsere Vermutung, daß eichenreiche Weidewälder dabei entscheidend beteiligt waren, wird durch die Befunde vom Eichwald überzeugend bestätigt.

Nachdem das Beispiel Eichwald gezeigt hat, daß das Bodenpollendiagramm den für die Zeit zwischen 1650 und 1820 archivalisch belegten Laubwald über Erwarten deutlich widerspiegelt, werden die Profile von 2 Punkten besprochen, an denen zu jener Zeit Nadelwald herrschte.

b) Frauenholz, Punkt (20)

Das Gebiet des nördlichen Härdtsfeldes war ums Jahr 1000 noch fast ausschließlich von Laubwald bedeckt. Etwa zwischen 1400 und 1500 erfolgte dann vom Virngrund aus ein Tannenvorstoß. "Um 1650 finden wir auf der Alb entlang dem Albtrauf von Oberalfingen bis hinter Lauchheim in einer Tiefe von 2 - 3 km albeinwärts einen Tannen - Buchen - Wald, an einer Stelle sogar ein Fichtenwäldchen." Bei letzterem handelt es sich um das Schwarzwäldle oder Frauenholz, dem ersten Fichtenbestand des nördlichen Härdtsfeldes (s.Abb.30, S.37). Schon für 1625 wird hier ein Fichten-Tannen-Wald mit überwiegender Fichte angegeben. Im übrigen muß das Frauenholz "nicht allzulange Zeit vor 1600 vorwiegend Buche getragen haben, da es noch 1642 "Buch" genannt wird".

Die Ausbildung eines Fichtenwaldes im Frauenholz führt JÄNICHEN auf die Wirkung intensiver Schafbeweidung zurück, durch welche "die im Buchen-Tannen-Wald in geringer Menge vorhandene Fichte... örtlich stark begünstigt wurde". Im Lauf des 17. und 18. Jahrhunderts breitete sich die Fichte auch in benachbarten Waldgebieten durch natürliche Samenverbreitung weiter aus (Fichtenvorstoß). "Seit etwa 1730 wurde durch gewisse Hieb- und Schlagmethoden Hilfestellung geleistet (Fichtenwaldbauvorstoß)."

Einschließlich des heutigen Bestandes können wir für das Frauenholz folgende Bestandesentwicklung skizzieren:

Heute	-	Fichte mit etwas Tanne
1820 1760 1650	-	Fichte und Tanne
1625	-	Fichte mit etwas Tanne
vor 1600	-	Rotbuche

Die pollenanalytische Untersuchung des Bodenprofils führte zu dem Diagramm der Abb. 32.

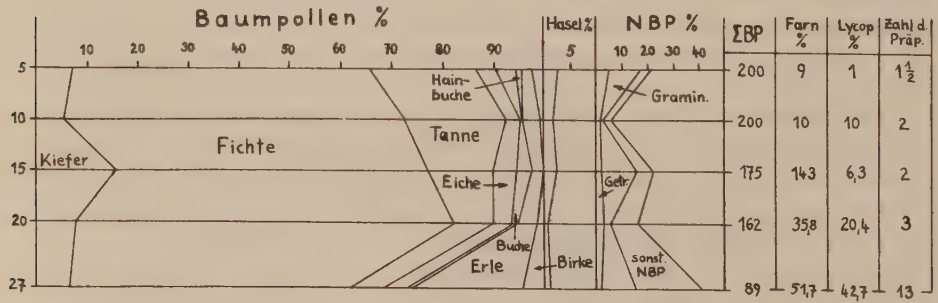


Abb.32. Punkt (20), Frauenholz (Fichtenbestand mit Tannen).

Die schon 350 Jahre währende Vorherrschaft der Fichte findet sich im Diagramm wieder. Wenn man bedenkt, daß die Tanne oft stark unterrepräsentiert ist (KRIŽO 1963, cit. in Fortschr. d. Bot. 26, S. 104, 1964), dann zeigen auch ihre Werte, daß sie im

Frauenholz von Bedeutung war. Der Buchenwald vor 1600 ist im Diagramm nicht vertreten, die festgestellten Rotbuchen-Werte sind zu gering. Vermutlich hätte sich der Buchenwald auch in tieferen Schichten nicht erfassen lassen, war doch der Pollengehalt schon in 27 cm Tiefe sehr dürftig (89 PK in 13 Präp.). Die übrigen Bäume treten - mit Ausnahme der Erle in 27 cm Tiefe - so schwach auf, daß sie im Bestand des Frauenholzes sicher keine Rolle spielten. Ob die 21,4 % Erle der 27 cm-Schicht auf einen einstigen größeren Erlenbestand im Frauenholz hinweisen oder rein örtlich bedingt sind, müßte durch Paralleluntersuchungen geklärt werden.

Die pollenanalytischen Befunde vom Frauenholz beweisen zusammen mit den bestandesgeschichtlichen Daten, daß nicht nur der kleine Laubholzpollen, sondern auch der große Fichten- und Tannenpollen in vernältnismäßig kurzer Zeit in relativ große Tiefen geraten kann. Es ist daher anzunehmen, daß auch der in den übrigen Profilen auftretende Nadelholzpollen auf künstlich geförderten Nadelwäldern der Neuzeit beruht. So läßt sich z.B. der Tannenpollen im Profil Eichwald mit Anflug aus den nördlich davon gelegenen Tannen- bzw. Tannen-Buchen-Wäldern erklären (s.Abb. 30, S.37).

Schwieriger zu beantworten ist die Frage, woher der in sämtlichen Diagrammen vertretene Kiefern-Pollen stammt. Die Kiefer ist im heutigen Waldbestand der Ostalb selten und hat keineswegs die Bedeutung der Fichte. Dies geht aus Tab. 6 hervor, die auf Zahlenangaben von HESMER (1937) und auf Band 374 der Statistik des Deutschen Reiches (1930) beruht. Sie gibt die prozentuale und absolute Beteiligung von Kiefer und Fichte an der Waldfläche einiger früherer Oberämter für das Jahr 1927 wieder.

	Kiefer %	Fichte %	Kiefer ha	Fichte ha
Heidenheim	1,0 - 2,5	40 - 50	186 - 465	7 440 - 9 300
Neresheim	2,5 - 5,0	60 - 70	375 - 750	9 000 -10 500
Ulm	1,0 - 2,5	30 - 40	96 - 240	2 880 - 3 840
Blaubeuren	2,5 - 5,0	20 - 30	293 - 585	2 340 - 3 510

Tab.6. Beteiligung von Kiefer und Fichte am Waldbestand von 1927.

Auch während des Mittelalters und der beginnenden Neuzeit trat die Kiefer im Waldbild der Schwäbischen Alb wenig in Erscheinung. Nur an einigen Stellen scheint sie seit der Kiefernzeit durchgehend erhalten geblieben zu sein (HAUFF 1937). Erst im 19.Jahrhundert breitete sich die Kiefer auf Grund waldbaulicher Maßnahmen wieder etwas aus (GRADMANN 1950, S. 63).

Wenn man von der ganz unwahrscheinlichen Vorstellung absieht, daß es sich um spätglazialen oder präborealen Kiefernpollen handelt, dann bleibt nur eine Erklärungsmöglichkeit übrig: Der Kiefernpollen unserer Proben ist auf die geringen Bestände des Mittelalters und der Neuzeit zurückzuführen. Dies ist trotz der z.T. erheblichen Werte nicht unwahrscheinlich, ist die Kiefer doch dafür bekannt, daß sie auf Grund ihrer überragenden Pollenerzeugung stark überrepräsentiert ist. Nach SCAMONI (1950) zeigen erst Pollenwerte ab 60 %, nach BORSE (1939) sogar erst Werte ab 80 % eine starke örtliche Beteiligung der Kiefer an. Prozentual geringe Kiefernanteile am Waldbild können sich in vergleichsweise hohen Kiefernpollenwerten niederschlagen. In den 4 angeführten Oberämtern, auf deren Gebiet unsere Entnahmestellen liegen, betrug 1927 der Kiefernanteil am Waldbestand im Durchschnitt 2,8 %. In oberflächennahen Proben, die ohne Zweifel von den Beständen der letzten Jahrzehnte beeinflußt sind, wurden an heute kiefernfreien Plätzen die in Tab. 7 wiedergegebenen Werte gefunden:

Punkt	(3)	(b)	(b)	(d)	(23)
Tiefe	2 cm	1 cm	2 cm	Humus-schicht	2 cm
Kiefer %	7,5	24,7	47,3	37,7	10,2

Tab. 7. Kiefern-Anteile einiger Punkte.

Die Werte zeigen, daß auch auf der Alb von verhältnismäßig kleinen Kiefernbeständen große Pollenmengen erzeugt werden. Allerdings ist nicht auszuschließen, daß ein Teil des Kiefernpollens auf Weit- oder Ferntransport beruht. Welche Bedeutung eingewehtem Kiefernpollen zukommen kann, geht aus vielen Untersuchungen hervor. So fand JONASSEN (1950) in Oberflächenproben aus Jütland und Seeland in reinem Buchenwald je nach Dichte des Bestandes 6 - 22 % Kiefernpollen. Der Kiefernpollen kann über große Entfernungen verfrachtet werden, z.B. von der niederschlesischen Heide auf die Höhe des 80 - 120 km entfernten Riesengebirges (SCAMONI 1949) oder sogar aus 750 bzw. 1000 km entfernten Beständen bis nach Spitzbergen (ŚRODOŃ 1960, POLUNIN 1954, cit. in Fortschr. d. Bot. 24, S. 102, 1962 bzw. 17, S. 333/334, 1955). In unserem Fall kommt ein Anflug aus den ausgedehnten Nadelholzgebieten des Schwäbisch-Fränkischen-Waldes in Frage. Dort war die Kiefer, wie die waldgeschichtliche Karte von JÄNICHEN (1956) zeigt, schon 1650 reichlich vorhanden. Auch heute tritt sie in diesen Gebieten wesentlich stärker in Erscheinung als auf der Schwäbischen Alb. So entfielen 1927 in den Oberämtern Ellwangen und Nördlingen jeweils 10 - 20 %, im Oberamt Dinkelsbühl 40 - 50 % des Waldbestandes auf die Kiefer. Dennoch dürfte der größte Teil des Kiefernpollens aus Beständen stammen, die nicht allzu weit von den einzelnen Entnahmestellen entfernt sind. Darauf weist besonders das Ergebnis von Punkt (14) hin. Dieser Profilpunkt liegt in einem kleinen, isolierten Fichtenwäldchen, an dessen Rand einige Kiefern stehen. Mit 74 bzw. 68 % wurden hier die höchsten Kiefernanteile sämtlicher Entnahmestellen erreicht. Da sich in beiden Proben (10 und 20 cm Tiefe) neben Schließzellen

von Fichtennadeln auch solche von Kiefernnadeln fanden, kann man annehmen, daß der Kiefernpollen autochthon ist.

c) Wöllerteich, Punkt (21)

Die Bestandesentwicklung weicht von der des nahegelegenen Frauenholzes etwas ab, da die Rotbuche erst später von der Fichte verdrängt wurde und auch heute wieder neben der Fichte vertreten ist.

Bestandesentwicklung:

Heute	-	Rotbuche und Fichte
1820 } 1760	-	Fichte und Tanne
1650	-	Rotbuche und Tanne

Folgendes Bodenpollendiagramm wurde aufgestellt:

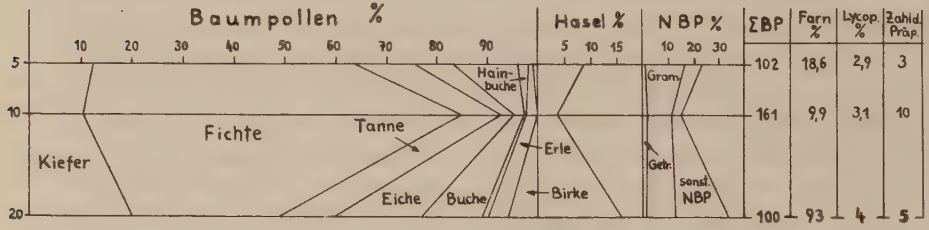


Abb.33. Punkt (21), Wöllerteich (Rotbuche und Fichte).

Wie auf Grund der Bestandesgeschichte zu erwarten war, dominiert die Fichte. Auch die Beteiligung der Tanne wird durch das Diagramm bestätigt. Der Rotbuchen-Anteil der 5 cm-Schicht spiegelt die Gegebenheiten der jüngsten Zeit wider. Dagegen ist es ungewiß, ob der Buchenpollen in 20 cm Tiefe den Buchenbestand um 1650 repräsentiert. Möglicherweise handelt es sich bei ihm wie bei dem Eichenpollen um angewehten Pollen, denn noch für 1760 und 1820 verzeichnen die waldgeschichtlichen Karten in der Umgebung

der Entnahmestelle große Laubwaldbestände.

2. Ehemalige Feldflur Harthausen

Auf den waldgeschichtlichen Karten vom nördlichen Härdtsfeld gibt JÄNICHEN auch Lage und vermutlichen Umfang alter Feldfluren an, die überwiegend zwischen 1000 und 1200 entstanden sind, aber heute wieder von Wald bedeckt sind. "Rund um 1300 hatte der Waldabbau seinen Höhepunkt erreicht. Die damalige Walddecke... war viel weniger geschlossen als heutzutage. Überall im Wald fanden sich Weiler und Höfe mit mehr oder minder großer Ackerfläche... Um 1400 bis 1450 gingen die meisten dieser Waldsiedlungen ab. Die Fluren begannen sich durchschnittlich um 1500 zu bewalden." Die Lage einiger solcher mittelalterlicher Feldfluren wurde an Hand der Standortskarte (1 : 10 000) für den südwestlichen Teil des Forstbezirks Kapfenburg ermittelt. (Die Karte konnte auf der Forstdirektion Stuttgart eingesehen werden.) Im Juli 1963 wurde die einstige Feldflur der abgegangenen Siedlung Harthausen im Gelände aufgesucht, an zwei 70 m auseinanderliegenden Stellen wurden Proben entnommen. Eine der Entnahmestellen, Punkt (23), ist in die Karte der Abb.2 (S.10) eingetragen.

Während die meisten der abgegangenen Rodesiedlungen zwischen 1000 und 1200 gegründet wurden, entstand Harthausen zusammen mit anderen auf -hausen endenden Waldsiedlungen schon vor 700. Der zur Feldgewinnung gerodete Wald enthielt wahrscheinlich überwiegend Buchen, denn erst zwischen 1400 und 1500 drang die Tanne auf das nördliche Härdtsfeld vor, die Fichte folgte noch später. Um 1450 wurde die Feldflur der Siedlung Harthausen aufgegeben. Sie begann sich wieder zu bewalden und "war um 1593 mit Eiche, Tanne und Birke bestockt, 1670 nur noch mit Tanne. 1713 sind es schöne 90 jährige Tannen". Damit ergibt sich zusammen mit den Angaben für 1760 und 1820 sowie dem heutigen Bild folgende Bestandesentwicklung:

Heute	- Fichte	1670	- Tanne
1820	- Fichte	1593	- Eiche, Birke und Tanne
1760	- Tanne und Fichte	700 - 1450	- Landwirtschaftl.Nutzung
1713	- Tanne	bis 700	- Buche

Die Ergebnisse der Bodenpollenanalysen führten zu den Diagrammen der Abb. 34 und 35.

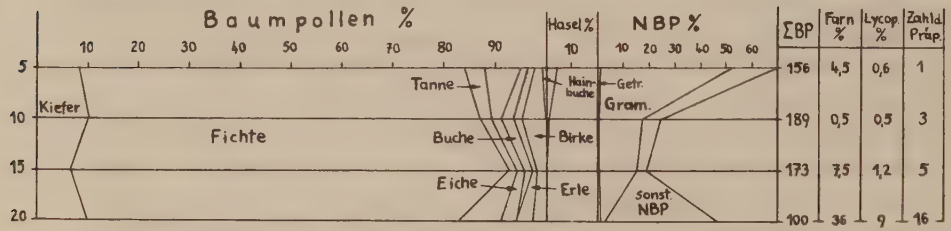


Abb.34. Punkt (22), Harthausen (Fichtenreinbestand).

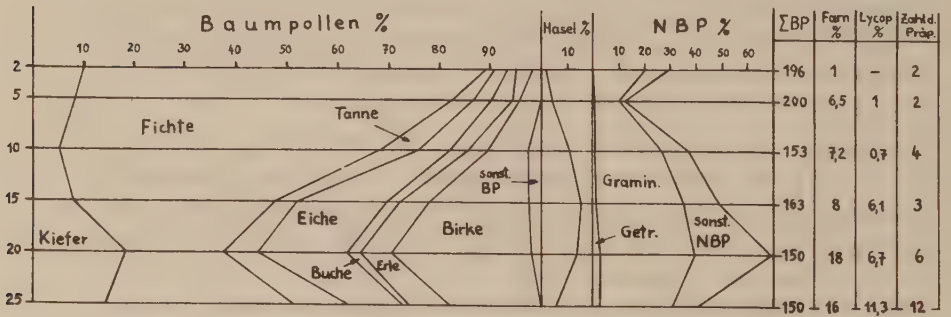


Abb.35. Punkt (23), Harthausen (Fichtenreinbestand).

Beide Diagramme werden wiederum von der Fichte beherrscht. Im Diagramm von Punkt (22) ist der Anteil des Fichtenpollens so überragend, daß man fast alle übrigen Pollenarten - die höchsten Werte von Eiche und Tanne vielleicht ausgenommen - mit Anflug aus be-

nachbarten Beständen erklären kann. Das Auftreten von Picea-Schließzellen in sämtlichen Proben beweist zusätzlich, daß der Fichtenpollen lokale Bestände repräsentiert. Da die Fichte erst um 1760 aufkam, gibt das Diagramm von Punkt (22) höchstens die Bestandesgeschichte der letzten 200 Jahre wieder. Eine Bodenprobe aus 25 cm Tiefe war pollenfrei.

Im Diagramm von Punkt (23) dominiert die Fichte nur in den obersten 10 cm. Dann gehen ihre Anteile bis in 30 cm Tiefe rapide zurück, gleichzeitig nehmen Eiche und Birke zu. Während das Diagramm die laut Bestandesgeschichte lange Zeit in Reinbeständen vertretene T a n n e nur unzulänglich dokumentiert, kommt das einstige Vorkommen von Eiche und Birke deutlich zum Ausdruck. Auffallend ist die Zunahme des Nichtbaumpollens, die gleichsinnig mit jener von Eiche und Birke verläuft. Vermutlich gab es in dem Eichen-Birken-Tannen-Wald von 1593 eine wesentlich dichtere Bodenvegetation als heute. Die erneute Zunahme von Fichte und Tanne zwischen 20 und 25 cm läßt sich nur schwer deuten. Wir müssen eine Profilstörung annehmen, obwohl dann unklar bleibt, warum die darüber liegenden Schichten nicht gestört sind.

Die beiden Diagramme zeigen einmal mehr, wie unterschiedlich die Pollenbilder benachbarter Profilpunkte sein können. Hätte man nur das Profil von Punkt (22) ausgewertet, so wäre das einstige Vorkommen von Eiche und Birke pollenanalytisch gar nicht erfaßt worden. Erstaunlich ist, daß die Tannenbestände in den Diagrammen nur wenig in Erscheinung treten. Möglicherweise werden die Tannen-Anteile durch den später reichlich erzeugten und auch in tiefere Schichten eingedrungenen Fichtenpollen herabgedrückt. Das fast vollständige Fehlen der Rotbuche beweist, daß sich kein Pollen aus der Zeit vor der Rodung erhalten hat. Dies ist nicht erstaunlich, da durch die Bodenbearbeitung die oberflächennahen Schichten immer wieder aufgelockert wurden und so der im Boden eingeschlossene Pollen dem Luftsauerstoff ausgesetzt wurde, der die sonst sehr widerstandsfähigen Pollenwandungen zerstörte bzw. sie für eine Zerstörung durch Mikroorganismen anfällig machte (ZETZSCHE und KÄLIN 1931, ZETZSCHE 1932, HAVINGA 1964). Auch

jener Blütenstaub, der aus den umliegenden Wäldern anflog, als der Boden noch landwirtschaftlich genutzt wurde, dürfte laufend korrodiert worden sein, denn "auf offener und temporär austrocknender Bodenoberfläche wird Pollen stets physikalisch-chemisch-biologisch zerstört werden" (WELTEN 1947).

V. Diskussion

1. Lehmige Waldböden aus verschiedenen Gebieten der Ostalb erwiesen sich übereinstimmend bis in 20 - 40 cm Tiefe als pollenführend. Die Pollendichte ist in den oberflächennahen Schichten sehr hoch, fällt gewöhnlich ab 10 cm merklich ab und ist manchmal schon in 20 cm Tiefe so gering, daß mehr als 10 Präparate für 100 - 150 BP ausgezählt werden müssen. Diese starke Abnahme der Pollendichte mit zunehmender Tiefe notiert auch DIMBLEBY (1961 b): "The normal pattern of pollen distribution down a profile is that there is a large quantity at the surface, but that the amount falls rapidly with depth."

Die Zusammensetzung des Polleninventars ist geprägt durch den Waldbestand der letzten Jahrhunderte in der unmittelbaren Umgebung der Entnahmestellen. Diese Auffassung, die sich zunächst auf verschiedene Indizien stützte, konnte durch die Gegenüberstellung von pollenanalytischen Befunden und archivalisch belegter Bestandesgeschichte für die Profilpunkte vom nördlichen Härdtsfeld voll und ganz bestätigt werden. Auf Grund der bestandesgeschichtlichen Daten kann man annehmen, daß in diesen Pollendiagrammen die Bestandesgeschichte der letzten 300 - 400 Jahre zum Ausdruck kommt. Ein ähnlicher Zeitraum dürfte auch in den übrigen Profilen erfaßt sein. Es gilt als ausgeschlossen, daß sich etwa Pollen aus dem Boreal oder dem Atlantikum erhalten hat. Der in vielen Profilen in großer Zahl auftretende Eichenpollen stammt überwiegend aus eichenreichen Weide- bzw. Mittel-

wäldern der älteren Neuzeit. Ob auch mittelalterliche Bestände beteiligt sind, wie zunächst vermutet wurde, ist angesichts der bestandesgeschichtlichen Daten vom nördlichen Härdtsfeld fraglich geworden. Der Nadelholzpollen dokumentiert die künstlich geförderten Nadelwälder der Neuzeit.

Die Befunde vom nördlichen Härdtsfeld zeigen, daß man aus den Bodenpollendiagrammen unter gewissen Vorbehalten Rückschlüsse auf die Bestandesentwicklung ziehen kann (Beispiele Punkt (18), Eichwald und Punkt (23), Harthausen). Somit besteht Übereinstimmung mit der eingangs zitierten Auffassung von WELTEN (1962). Daß WELTEN diese Auffassung nicht auf Pollendiagramme aus Auftragsböden beschränkt, beweist seine Deutung von Profil Gurtental 2, bei dem es sich ebenfalls um ein Lehmbodenprofil handelt: "In diesem Profil datiert der Pollengehalt nicht die Aufhöhung des Bodens, gibt aber trotzdem die Hauptzüge der Bewachsungsgeschichte wieder." Die Rodungsphase, mit der der obere Profilabschnitt (40 - 0 cm) eingeleitet wird, geht nach Ansicht WELTENs vermutlich auf das Mittelalter zurück. Sollte diese Vermutung richtig sein, so wären auffallende Parallelen zu unseren Verhältnissen vorhanden.

Ehe man jedoch den Kurvenverlauf eines Bodenpollendiagrammes zu weitgehend als Ausdruck der bestandesgeschichtlichen Entwicklung interpretiert, ist es empfehlenswert, weitere Profile der näheren Umgebung zu untersuchen, um eine mögliche ganz lokale Beeinflussung oder eine Profilstörung auszuschließen. Wenn z.B. im selben Spektrum Rotbuche und Eiche mit ähnlichen, beträchtlichen Anteilen erscheinen, so bedeutet das nicht unbedingt, daß beide Bäume einmal zu gleicher Zeit in dieser Stärke am lokalen Waldbestand beteiligt waren. Durch eine Profilstörung könnte Pollen aus verschiedenen bestandesgeschichtlichen Phasen in der gleichen Bodenschicht zusammengeführt worden sein. Ob eine solche Überlagerung auch durch verschiedene Infiltrationsgeschwindigkeiten zustande kommen kann, ist nicht auszuschließen, aber weniger wahrscheinlich. Man kann also, streng genommen, einem Bodenpollendiagramm zunächst nur entnehmen, welche Bäume in der Standortsge-

schichte der letzten Jahrhunderte eine Rolle spielten.

2. Da es unwahrscheinlich ist, daß die Lehmböden der Schwäbischen Alb aus Material entstanden sind, das im Verlauf des Postglazials aufgetragen wurde, muß eine nachträgliche Pollenausstattung erfolgt sein. Wie erwähnt, sieht WELTEN (1958, 1962) im Vorgang der vertikalen oder inneren Bodenumwälzung die Hauptursache für die Tiefenverfrachtung des Pollens, während er dem von DIMBLEBY (1957, 1961 a, 1961 b) und anderen Autoren vertretenen "downwash" nur für die obersten Zentimeter Bedeutung zumißt. Diese innere Bodenumwälzung beruht nach WELTEN (1962) "auf der Tätigkeit von Würmern und Larven, von Mäusen, Vögeln, Wild, dem Aufwachsen von Bodenpflanzen und ihrer Humusbildung, dem Dickerwerden von flachstreichenden Wurzeln und ihrem späteren Verwesen; sie besteht im Bedecken des oberflächlichen Pollenniederschlags mit Erdmaterial, wodurch der Horizont eines Jahres ganz allmählich tiefer zu liegen kommt". WELTEN führt ferner an, daß die genannten Vorgänge "charakteristisch für den "tätigen" Teil des Bodens, den aktiven Oberboden (sind). In den untätigen Unterboden wird Pollen nur ausnahmsweise verfrachtet."

Etwas anders liegen die Verhältnisse möglicherweise in Sandböden. Aber auch hier vermutet DEWERS (1935, 1950), daß die Infiltrationstiefe von der Tiefe der Durchwurzelung abhängt. Er glaubt nicht, daß die Pollenkörner einfach zwischen den Sandkörnern hindurch in die Tiefe geschwemmt werden, sondern daß sie mit dem Sand in die von absterbenden Wurzeln hinterlassenen Hohlräume eindringen können. HAVINGA (1957) sieht in der Höhe des Grundwasserspiegels den begrenzenden Faktor für die Tiefenverfrachtung des Pollens in Podsol-Profilen. Die Infiltration selbst führt HAVINGA im wesentlichen auf "downwash" zurück. Die Polleneinschwemmung verläuft nur noch langsam, wenn sich die Kapillaren infolge der Podsolierung allmählich verengen. Gelegentlich ist seiner Meinung nach auch die Boden-Fauna für die Vermischung von Boden und Pollen verantwortlich.

In vielen Arbeiten, die sich mit der Frage der Polleninfiltration in mineralischen Böden beschäftigen, wird auf einen Ein-

schwemmversuch von MOTHES, ARNOLDT & REDMANN (1937) hingewiesen. Diese kommen auf Grund ihrer experimentellen Befunde zu der Ansicht, daß in Sanden und Podsolböden - im Gegensatz zu Torfen, wo entsprechende Untersuchungen (z.B. MALMSTRÖM 1923, cit. in FIRBAS 1949, S. 30) negativ verliefen - nicht nur ein bedeutender Tiefentransport des Pollens erfolgt, sondern daß sogar ein elektiver Transport stattfindet: "die großen Kiefernpollen dringen nämlich kaum, die kleinen Eichenpollen jedoch tief ein."

Mit einer derartigen Sonderung nach der Pollenkorngröße bei der Infiltration erklärt SELLE (1940) die Ähnlichkeit zwischen Bleichsand- und Moordiagrammen. WELTEN (1958) indessen bezweifelt die Übertragbarkeit der experimentellen Befunde auf die natürlichen Verhältnisse. So konnte er in einem Sandbodenprofil in 50 - 60 cm Tiefe einen Weißtannengipfel und bei 20 cm Tiefe einen Buchengipfel nachweisen, "was gegen die Möglichkeit der Erklärung der Entstehung dieser Verhältnisse durch Infiltrationsauslese spricht, aber auch gegen wesentliche Infiltration überhaupt." Auch DIMBLEBY (1957) glaubt nicht, daß sich die Pollenkorngröße beim "downwash" bemerkbar macht. TRAUTMANN (1952) findet die kleinpolligen Gattungen in grobsandigem Mineralboden durch Infiltrationsauslese bevorzugt; in schluffreichen, humosen Mineralböden spielt dagegen dieser Effekt seiner Ansicht nach kaum eine Rolle. Bei Einschwemmversuchen mit Pilzsporen stellte BURGES (1950) fest, daß die großen Sporen von Zygorrhynchus und Gliomastix tiefer eindringen als die kleinen Sporen von Penicillium. BURGES führt dieses Verhalten nicht auf die unterschiedliche Größe, sondern auf die unterschiedliche Benetzbarkeit der Sporenwandung zurück; Sporen mit nicht benetzbarer, wachsartiger Wandung bleiben an der Oberfläche. Eine ähnliche Möglichkeit ziehen auch MOTHES et al. (1937) in Betracht, wenn sie darauf hinweisen, "daß bei den Kiefernpollen die langsame Verfrachtung nicht allein mit dem größeren Durchmesser, sondern mit Adsorptionsvorgängen zusammenhängt, die beim fossilen Pollen unter Umständen wegen veränderter Membranen anders sich äußern können".

Offenbar blieben die Untersuchungen von MOTHES et al. (1937) und BURGES (1950) bis heute die einzigen dieser Art. Da sie einige Fragen offen lassen, habe ich einige weitere Versuche, die im zweiten Teil näher besprochen und gedeutet werden, zu dem Problem der quantitativen und qualitativen Tiefenverfrachtung des Pollens durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Pollenarten mit unterschiedlichen Pollenkorngrößen in eine Sandsäule eingeschwemmt. Bei den ersten Versuchen waren die kleinen Pollenkörner bevorzugt, sie drangen tiefer und in größerer Zahl ein als die großen. In einem letzten Versuch mit ziemlich grobkörnigem Sand wurden dagegen die großen Rotbuchenpollenkörner besser in die Tiefe verfrachtet als die kleinen Birkenpollenkörner.

Die Frage, welche Bedeutung dem Pollenkorndurchmesser bei der Infiltration zukommt, läßt sich also allem Anschein nach nicht allgemeingültig beantworten. Sehr wahrscheinlich ist die Pollenkorngröße bei diesem Vorgang nur ein Faktor neben anderen, der sich je nach Umständen hemmend oder fördernd oder überhaupt nicht auswirkt.

Eine experimentelle Einschwemmung in Lehm gelang nicht; ob das allein auf methodischen Unzulänglichkeiten beruht, sei vorerst dahingestellt. An der Möglichkeit einer in der Natur stattfindenden Polleninfiltration in Lehmböden kann trotzdem nicht gezweifelt werden. Wie diese im einzelnen abläuft, wird sich schwer ergründen lassen. Nach unseren Befunden dürfte die Erklärungsweise WELTENs (1958, 1962) den tatsächlichen Verhältnissen am nächsten kommen. Das oberflächliche Einschwemmen durch Sickerwasser in Risse und Unebenheiten, wodurch nach WELTEN (1962) der Pollen vor rascher Zerstörung durch Oxydation bewahrt wird, ist auch bei den Alblehmen wahrscheinlich, denn "überschüssiges Wasser wird auch bei dicken Polstern von Kalkverwitterungslehm nicht oberflächlich gestaut, sondern nach der Tiefe weitergegeben" (MÜLLER 1951). Unsere Feststellung, daß die pollenführenden Schichten nur 20 - 40 cm tief reichen, paßt gut zu der Vorstellung WELTENs, daß die Vorgänge der

inneren Bodenumwälzung im wesentlichen auf den "aktiven Oberboden" beschränkt sind. Weiter scheint nach WELTEN (1962) "für diesen inneren Umwälzungsvorgang... zu sprechen, daß vielerorts prähistorische Fundhorizonte beträchtlich unter Oberfläche liegen, ohne daß man immer angeben kann, woher die Deckschicht stammt, und wer ein Interesse daran gehabt hätte, sie aufzubringen". WELTEN berührt damit genau das Problem, das die Deutung der Borgerhaudiagramme zunächst so erschwerte. Während es aber durchaus einleuchtet, daß durch die Bodenumwälzung Pollen in tiefere Schichten verfrachtet wird, erscheint die Annahme, daß Artefakte allein durch diesen Vorgang bis in 75 cm Tiefe (unterste Fundschicht vom Borgerhau) geraten können, fast zu hypothetisch. Unberührt von der Beantwortung der Frage, wie die Artefakte eingelagert wurden, bleibt die Feststellung, daß die Pollenanalyse nichts zur Datierung der Borgerhaufunde beitragen kann.

3. Während bei Torfen der Luft- bzw. der Sauerstoffabschluß die entscheidende Rolle für den Erhaltungszustand des Pollens spielt, hängt die Pollenerhaltung in Böden und Sedimenten, wie u.a. THOMSON & PFLUG (1953) und DIMBLEBY (1957) betonen, vor allem vom pH-Wert ab. So hält DIMBLEBY die pollenanalytische Untersuchung von Böden mit einem pH-Wert über 6 für nutzlos, in dem pH-Bereich zwischen 5 und 6 findet er Pollen in geringer Zahl, in Böden mit einem pH-Wert unter 5 stellt er dagegen die gleichen Pollendichten wie in Torfen fest. Wie verhalten sich in dieser Beziehung die Lehmböden der Ostalb? Wie pH-Bestimmungen von HAUFF (1937) zeigten, sind sie "alle mehr oder weniger v e r s a u e r t. Dabei schwanken bei den Lehmböden die gefundenen Werte recht beträchtlich, nämlich von 6,6 bis 3,8". Am niedrigsten liegen sie in 10 - 15 cm Tiefe, von da ab nehmen die pH-Werte nach unten zu, "bis am gewachsenen Boden Werte von 7 oder mehr erreicht werden".

Die Abnahme des Pollengehaltes, wie sie sich in unseren Profilen zeigt, geht also offensichtlich mit einer Zunahme des pH-Wertes einher. Es ist daher denkbar, daß die neutrale bis alkalische Reaktion der tieferen Bodenschichten ein weiterer Grund für das

Erlöschen der Pollenführung unterhalb von 20 - 40 cm ist. Allerdings wirkt nicht die Azidität als solche pollenkonservierend, durch sie wird aber die biologische Tätigkeit des Bodens beeinflußt (DIMBLEBY 1961 a). Nach HAVINGA (1962, cit. in Fortschr. d. Bot. 26, S. 105, 1964) wird in biologisch aktiven Sandböden der eingewaschene Pollen alsbald vernichtet. Bei beginnender Podsolierung nimmt die biologische Tätigkeit ab und erlischt schließlich, so daß die Pollenzerstörung unterbleibt. Man darf indessen aus den Feststellungen HAVINGAs nicht schließen, daß in den Lehmen, da diese pollenführend sind, die biologische Aktivität erloschen sei; vermutlich ist aber in ihnen als Folge der Versauerung die Tätigkeit der pollenzerstörenden Mikroorganismen stark eingeschränkt. Die Bedeutung des pH-Wertes für die Pollenerhaltung wurde durch die Untersuchung einiger Proben aus einem auf flachgründiger Kalksteinschwarzerde (Fleinsboden oder Rendsina) stockenden Fichtenwald bestätigt. In dem gut durchlüfteten, neutral bis schwach alkalisch reagierenden Boden (pH 7 - 8) hatte sich fast überhaupt kein Pollenkorn erhalten. Zum wirkungsvollen Abbau dürfte beigetragen haben, daß sich dieser Boden, wie MÜLLER (1951) erwähnt, rasch erwärmen und sogar "hitzig" werden kann, wodurch die Zerstörung der Pollenkörner beschleunigt wird.

4. Auf die Frage, ob in den untersuchten Profilen Zersetzungsauslese eine Rolle spielt, wurde z.T. schon kurz eingegangen. So wurde darauf hingewiesen, daß die oft in großer Zahl auftretenden Farn- und Bärlappsporen älter sein können als das sie begleitende Pollenmaterial, da diese Sporen besonders widerstandsfähig gegenüber Oxydation und Korrosion sind (s. HAVINGA 1964 und die dort zitierte Literatur). Es ist möglich, daß sich die Sporen im Lehmboden angereichert haben und daher überrepräsentiert sind. Auch bei dem Pollen der Koniferen ist aus gleichem Grunde mit einer gewissen Überrepräsentation zu rechnen, das gilt vor allem für die Kiefer.

HAVINGA (1964) weist darauf hin, daß die Eiche in Sandbodenprofilen häufig unterrepräsentiert ist, was bei der Interpretation

nicht immer genügend beachtet werde. Allerdings führt er auch Beispiele aus Podsolprofilen an, in denen die Eiche wie in einigen unserer Profile große Anteile zeigt. Eine Unterrepräsentation der Eiche ist in diesen Fällen unwahrscheinlich. Obwohl die Rotbuche i.a. nur geringe Werte aufweist, ist auch bei ihr eine Unterrepräsentation infolge von Zersetzungsauslese nicht anzunehmen. Ihr in der Regel guter Erhaltungszustand, der dem der Eiche vergleichbar ist, und die Tatsache, daß auch HAVINGA (1964) dem Buchenpollen nur wenig schlechtere Erhaltungsfähigkeit als dem Eichenpollen zubilligt, rechtfertigen diese Annahme. Während der Pollen der Hainbuche gewöhnlich für wenig widerstandsfähig gehalten wird (z.B. OBERDORFER 1937, BORSE 1939), reiht ihn HAVINGA (1964) noch vor den Eichenpollen ein. Übereinstimmend mit dieser Auffassung zeigt sich in unseren Lehmproben dieser Pollen erstaunlich gut erhalten. Gut erhalten war auch der Pollen von Ulme, Linde und Erle. Überraschend schlecht erhalten erwies sich der Pollen von Birke und Hasel, dabei spricht HAVINGA (1964) dem Haselpollen gleich gute Erhaltungsfähigkeit zu wie dem Erlenpollen, dem Birkenpollen nur wenig schlechtere und beiden bessere als dem Eichenpollen. Dagegen ist nach den Feststellungen von ANDERSEN (1967) der Haselpollen in Oberflächenproben aus Moospolstern unter allen untersuchten Pollenkörnern am anfälligsten gegen Korrosion.

Insgesamt gesehen wurde aber der Pollenniederschlag der letzten 300 - 400 Jahre in den Oberflächenlehmen auffallend gut konserviert. Auf die Frage, warum der Pollen aus der Zeit davor fast völlig zerstört worden ist, läßt sich noch keine befriedigende Antwort geben. Möglicherweise hängt diese Tatsache mit dessen relativ hohem Alter zusammen, dafür spricht z.B. die in einigen Profilen festgestellte schlechte Pollenerhaltung in tieferen Schichten. In einigen Fällen waren allerdings die Pollenkörner selbst in den tiefsten Lagen gut erhalten. Ob die Zunahme des pH-Wertes mit der Tiefe für die Zerstörung des älteren Pollenmaterials mitverantwortlich ist, müßte durch besondere Untersuchungen geklärt werden.

VI. Zusammenfassung

Bei der Untersuchung von rund 30 Lehmbodenprofilen aus verschiedenen Waldgebieten der Ostalb wurde übereinstimmend bis in 20 - 40 cm Tiefe ein pollenanalytisch auswertbarer Bodenpollengehalt festgestellt. Für einige Profilpunkte konnte ein Vergleich zwischen archivalisch ermittelter Bestandesgeschichte und pollenanalytischen Befunden durchgeführt werden. Die dabei festgestellten Parallelen beweisen, daß die Bodenpollendiagramme deutlich vom lokalen Waldbestand der letzten 300 - 400 Jahre beeinflußt sind. In einigen Fällen geben die Diagramme die bestandesgeschichtliche Entwicklung in groben Zügen wieder. Vielfach manifestieren hohe Eichenanteile das einstige Vorkommen eichenreicher Weidewälder. Da die Bodenpollendiagramme nur wenige Jahrhunderte zurückreichen, können die im Borgerhau gefundenen steinzeitlichen Artefakte nicht auf pollenanalytischem Wege datiert werden.

Der Pollengehalt der Lehme wird auf eine nachträgliche Infiltration von der Oberfläche aus zurückgeführt. Als entscheidende Vorgänge für den Tiefentransport des Pollens werden oberflächliches Einschwemmen und innere Bodenumwälzung im Sinne von WELTEN (1958, 1962) angenommen. Die Pollenerhaltung selbst wird mit dem sauren pH-Wert der Lehmböden erklärt. Die Frage, ob das Erlöschen der Pollenführung unterhalb von 20 - 40 cm Tiefe und das Fehlen von älterem Pollenmaterial mit dem nach unten zunehmenden pH-Wert zusammenhängen, muß als noch nicht geklärt angesehen werden. Eine wesentliche Verfälschung der Diagramme durch Zersetzungsauslese gilt als unwahrscheinlich.

Zweiter Teil

Versuche zur Polleneinschwemmung

I. Einleitung

Die einzige Angabe über Versuche zur Polleneinschwemmung fand sich - wie erwähnt - in einer Arbeit von MOTHES, ARNOLDT & REDMANN (1937). Die genannten Autoren brachten in einen Glaszylinder von 40 cm Länge reinen geglühten Dünensand und schichteten darüber Sand, der mit Pollen von Kiefer und Eiche durchmischt war. Durch diese Sandsäule ließen sie 20 Stunden lang Wasser in geringen Mengen und in langsamem Tempo ohne jede Druck- und Saugwirkung fließen. Tab. 8 gibt die bei dem Versuch erhaltenen Zahlenwerte wieder.[1)]

Tiefe	2 cm	5 cm	8 cm	12 cm	16 cm	20 cm
relative Pollenzahl (bez. auf 3 Präp.)	1 350	540	450	35	10	11
Kiefernanteil in %	27	1	1	9	-	-
Eichenanteil in %	73	99	90	91	100	100

Tab.8. Tiefentransport von Kiefern- und Eichenpollen im Dünensand durch Sinkwasser nach 20 Stdn. Aus MOTHES, ARNOLDT & REDMANN 1937.

Im Prinzip gleiche Versuche führte BURGES (1950) mit Pilzsporen durch. Es ging dabei um die Frage, ob die von ihm in einem Sandboden festgestellte Tiefenverteilung verschiedener Sporenarten auf unterschiedlich guter Einschwemmung beruht. Für die Versuche verwendete BURGES eine aus 4 Glasplatten gefertigte Hohlform mit rechteckigem Querschnitt, die er mit im Autoklaven erhitzten Sand

---

[1)] Die Prozentangaben für 8 cm Tiefe wurden offensichtlich durch einen Druckfehler verfälscht. Entweder beträgt der Kiefernanteil 1 % und der Eichenanteil 99 % oder der Kiefernanteil 10 % und der Eichenanteil 90 %.

aus dem von ihm untersuchten Sandboden füllte. Nach Abschluß eines Versuches wurde die Form waagrecht gelegt, die durch Gummibänder gehaltene Frontplatte entfernt und aus der Mitte der Sandsäule Proben in Abständen von 5 - 10 cm entnommen. In einer Reihe von Versuchen variierte BURGES Wassermenge und Zusammensetzung der Sporenmischung und kam dabei zu dem schon erwähnten Ergebnis: Nicht die Größe der Sporen, sondern ihre Benetzbarkeit entscheidet über das Ausmaß der Tiefenverfrachtung.

Bei meinen Untersuchungen sollten folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wirkt sich der Pollenkorndurchmesser beim Einschwemmen in Sand aus?
2. Ändert sich die Pollendichte beim Tiefentransport gesetzmäßig?
3. Läßt sich eine Polleneinschwemmung in Lehm experimentell nachweisen?

II. Methode

Der Sand wurde in ein etwa 28 cm langes Plastikrohr gebracht. Dieses Plastikrohr bestand nicht aus einem Stück, sondern aus 12 zusammengeklebten Ringen, die aus Plastifläschchen ausgeschnitten worden waren. Die Nahtstellen wurden zusätzlich doppelt mit Klebeband umwickelt. An Ring 12, den untersten Ring wurde die obere Hälfte eines Plastikfläschchens angeklebt; an ihm konnte die Stativklammer befestigt werden. Damit der eingefüllte Sand nicht durchrutschen konnte, wurde in den engsten Teil des Rohres ein engmaschiges Drahtsieb eingefügt (s.Abb. 36,S.59). Das Wasser floß durch einen an den Wasserhahn angeschlossenen Gummischlauch zu. Da die obersten Sandschichten durch direkt auftropfendes Wasser aufgewirbelt worden wären, wurde am obersten Ring eine seitliche Auffangvorrichtung für das zufließende Wasser angebracht. Gegenüber dieser Auffangvorrichtung wurde unter einer 0,5 cm tiefen Einkerbung ein Überlauf angeklebt, über ihn konnte das von der Sandsäule nicht aufgenommene Wasser abfließen.

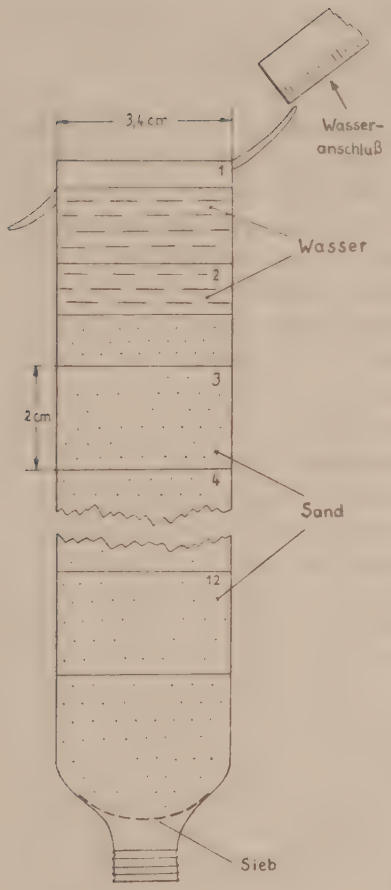


Abb.36. Aufbau der Versuchsanordnung.

Gewöhnlicher Bausand war das Ausgangsmaterial für den Sand. Zunächst wurden die größten Sandkörner (Ø >1,3 mm) abgesiebt. Aus einem Teil dieser ersten Sandmischung wurden die feinen und groben Anteile durch zweimaliges Sieben entfernt; so wurde eine zweite Sandmischung hergestellt. Beide Mischungen wurden bei den Versuchen verwendet. Sie zeigen folgende Teilchengrößen:

Sandmischung 1: 0 - 1,3 mm
Sandmischung 2: 0,4 - 0,9 mm

Der Sand wurde mehrmals gründlich ausgewaschen, aber nicht ausgeglüht. Kontrolluntersuchungen hatten ergeben, daß er frei von Pollenkörnern war.

Das Pollenmaterial wurde in folgender Weise eingeschwemmt: Trockener oder in Eisessig konservierter Pollen wird in einige ml Wasser überführt und der durch die vorbereitet Sandsäule fliessende Wasserstrom abgestellt. Ehe das absinkende Wasser ganz versickert ist, wird die Pollensuspension zugegeben und zunächst nur wenig Wasser zugeleitet. So wird verhindert, daß ein Teil des Pollenmaterials über den Überlauf weggeschwemmt wird. Erst wenn sämtlicher Pollen auf die oberste Sandlage niedergesunken bzw. zum Teil schon in sie einge-

drungen ist, wird der Wasserhahn wieder so weit geöffnet, bis der Überlauf in Tätigkeit tritt. Damit ist ein ziemlich gleichbleibender Wasserfluß durch die Sandsäule gewährleistet.

Zur Messung der durchgeflossenen Wassermenge wurde in bestimmten Abständen, meistens stündlich, die Zeit abgestoppt, in der 100 ml Wasser durch die Sandsäule flossen. Lief ein Versuch auch in der Nacht weiter, so wurde aus den Messungen vor und nach diesem Zeitraum ein Durchschnittswert berechnet. Aus der Gesamtdauer des Versuchs und den anderen Meßergebnissen ließ sich die insgesamt durchgeflossene Wassermenge berechnen. Einige Versuche wurden so lange ausgedehnt, bis eine bestimmte Wassermenge die Sandsäule passiert hatte.

Zur Untersuchung der einzelnen Schichten wurden die Ringe, von oben nach unten fortschreitend, voneinander getrennt. Zuerst wurde der Klebestreifen vorsichtig abgelöst und der festgewordene Klebstoff entfernt. In Höhe der Nahtstelle ließ sich dann ein dünner, fester Karton zwischen zwei Ringen hindurchschieben. So wurde die Sandsäule in jeweils 2 cm starke Abschnitte zerlegt, diese wiederum ließen sich in eine obere und untere Hälfte aufteilen. Auf diese Weise konnte die Sandsäule Zentimeter für Zentimeter untersucht werden.

Die eingeschwemmten Pollenkörner wurden nach folgender Methode vom Sand getrennt: Der Schicht wird je nach mutmaßlicher Pollendichte der gesamte Sand oder nur ein Bruchteil entnommen. Die Sandprobe wird in einen kleinen Erlenmeyer-Kolben (100 ml) gebracht. Je nach Größe der Probe fügt man 10 - 20 ml Glyzerin (Dichte 1,26 gcm^{-3} bei 20° C) hinzu und schüttelt gut um. Wenn der Hauptanteil des Sandes abgesunken ist, wird das überstehende Glyzerin in ein bzw. zwei Zentrifugengläschen dekantiert. Dann wird so lange zentrifugiert, bis sich der restliche Sand abgesetzt hat; in dem Glyzerin bleibt das spezifisch leichtere Pollenmaterial zurück. Zur Erniedrigung der Dichte wird das Glyzerin anschließend mit der gleichen Menge 98 %igem Alkohol oder Brennspiritus versetzt. Durch Zentrifugieren dieser Mischung gewinnt man den eingeschwemmten Pollen wieder zurück. Um die mikroskopische Identifizierung der ein-

zelnen Pollenarten zu erleichtern, wird abschließend azetolysiert.

Die Versuchsergebnisse sind in Form von Pollendiagrammen graphisch dargestellt. Die prozentuale Zusammensetzung der eingeschwemmten Pollenmischung ist bei 0 cm Tiefe eingetragen. Die Spalte [PK gibt an, wieviele Pollenkörner je Spektrum ausgezählt wurden. Ab Versuch 3 wurde die Pollendichte sämtlicher untersuchter Schichten bestimmt. Als Maßeinheit dient der Ausdruck "Anzahl Pollenkörner pro 1 cm^3 Sand", abgekürzt PK/cm^3. Bei geringen Pollendichten wurden sämtliche Pollenkörner einer Schicht (9,1 cm^3 Sand) ausgezählt und dann auf 1 cm^3 umgerechnet. Bei höheren Pollendichten wurde der Pollengehalt einer Schicht überschlagsmäßig ermittelt. Dazu wurde die Anzahl der Pollenkörner in 1 oder 2 Präparaten festgestellt und abgeschätzt, wieviele Präparate der gesamte Aufschluß ergeben hätte.

Extrem pollenreichen Schichten wurde der Sand vollständig entnommen und zunächst gut durchmischt, um eine mögliche ungleichmäßige Verteilung der Pollenkörner über den Querschnitt auszugleichen. Dann wurde aus einer bestimmten Menge Sand das Pollenmaterial abgetrennt und gleichmäßig in einer abgemessenen Wassermenge verteilt. Die Anzahl der in einem Volumen bekannter Größe enthaltenen Pollenkörner wurde mit Hilfe einer Zählkammer bestimmt, wie sie in der Medizin bei der Aufstellung von Blutbildern verwendet wird. Allerdings wurden nicht die Quadrate des im Objektträger eingeätzten Netzes benutzt, sondern es wurde das Volumen berechnet, in dem sich die im Gesichtsfeld des Mikroskopes festgestellten Pollenkörner verteilten (Gesichtsfeldfläche x Abstand Objektträger - Deckglas = 0,19 mm^3). Im allgemeinen wurde bei 3 Präparaten an jeweils 10 - 15 verschiedenen Stellen ausgezählt, wieviele Pollenkörner im Gesichtsfeld auftreten. Aus dem daraus gewonnenen Mittelwert, der Wassermenge, in der das abgetrennte Pollenmaterial zuvor verteilt worden war und der zum Aufschluß benutzten Sandmenge wurde dann die Pollendichte berechnet.

III. Versuchsergebnisse

A. Einschwemmung in Sand

1. Zusammenhang zwischen Pollenkorndurchmesser und Tiefe

In den Versuchen 1 - 6 wurde untersucht, welche Rolle der Durchmesser der Pollenkörner bei der Einschwemmung in Sand spielt. Für die Pollenkorndurchmesser der verwendeten Pollengattungen gibt BERTSCH (1942) folgende Größen an:
Betula 21 - 28 µm, Corylus 24 - 30 µm, Pinus 46 - 74 µm,
Fagus 30 - 50 µm, Quercus 25 - 30 µm.

Größenmessungen an dem von mir verwendeten Pollenmaterial ergaben die Durchschnittswerte:

Betula 23 µm, Fagus 43 µm, Quercus 36 µm, Pinus 70 µm.

a) Versuche 1 und 2

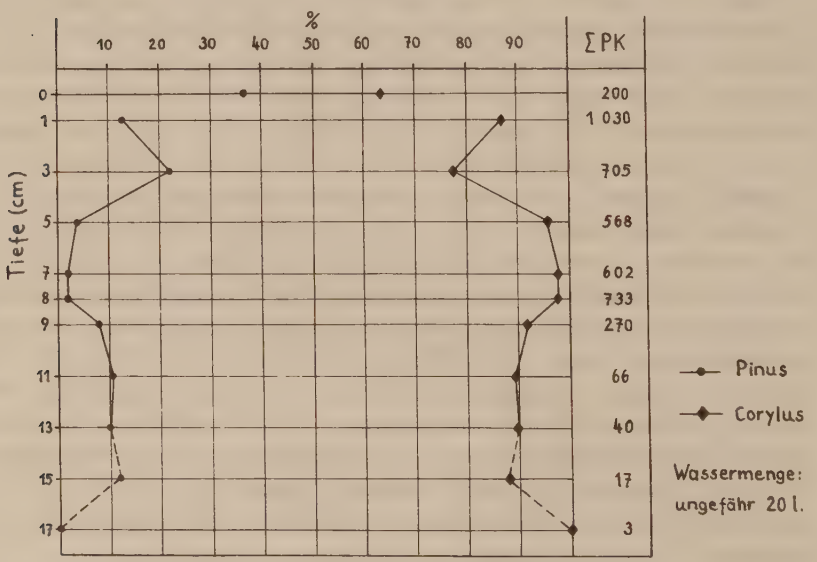


Abb.37. Versuch 1. Tiefentransport von Pinus und Corylus.

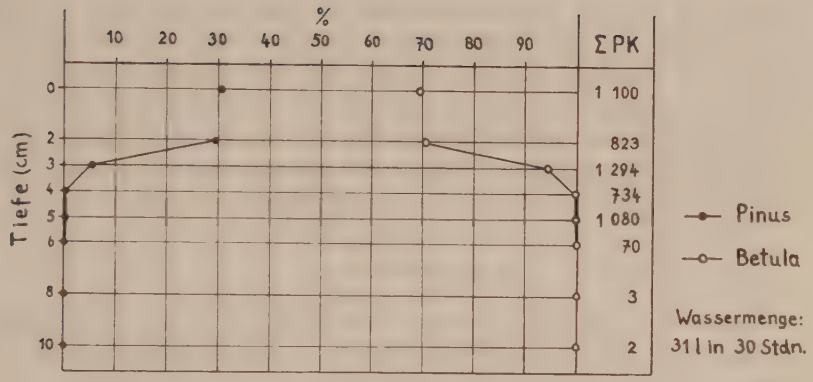


Abb.38. Versuch 2. Tiefentransport von Pinus und Betula.

Bei gleich guter Tiefenverfrachtung beider Pollenarten müßten die Prozentwerte durch das Diagramm hindurch ungefähr gleich bleiben. Wie man sieht, dringen jedoch die kleinen Pollenkörner der Hasel bzw. der Birke wesentlich besser ein als die großen Pollenkörner der Kiefer. Die Ergebnisse der beiden Versuche stimmen also mit den Befunden von MOTHES, ARNOLDT & REDMANN (1937) überein.

Wie bereits angeführt, sehen MOTHES et al. (1937) den Grund für die langsame Verfrachtung des Kiefernpollens nicht ausschließlich in seinem größeren Durchmesser, sondern erwägen auch die Möglichkeit von Adsorptionsvorgängen, die dem Einschwemmen entgegenwirken. Wir können einen weiteren Grund anführen. Nach POHL (1937 b) bleiben wasserdurchtränkte Koniferenpollenkörner auf der Wasseroberfläche, da sich ihre Luftsäcke nicht mit Wasser füllen; so bleibt auch das wasserdurchtränkte Pollenkorn spezifisch leichter als das Wasser. Die Pollenkörner der Laubhölzer gehen dagegen in Wasser unter. POHL nimmt an, daß auf Wasser schwimmender Nadelholzpollen erst dann untersinkt, "wenn Fäulnis- oder andere Vorgänge die Luftsäcke eröffnen und die eingeschlossene Luft entweichen kann". Da der bei unseren Versuchen verwendete Kiefernpollen nur wenige

Wochen alt war und trocken aufbewahrt wurde, dürften die Luftsäcke zum größten Teil noch unbeschädigt gewesen sein, so daß ihr Auftrieb eine stärkere Tiefenverfrachtung durch das absinkende Wasser fast vollständig verhinderte. Vielleicht waren bei den tiefer eingedrungenen Kiefernpollenkörnern die Luftsäcke beschädigt. In den folgenden Versuchen wurde kein Kiefernpollen mehr verwendet, sondern nur noch unterschiedlich großer Laubholzpollen.

b) Versuche 3 - 5

In diesen 3 Versuchen wurden Mischungen aus wechselnden Anteilen von Betula-, Quercus- und Fagus-Pollen eingeschwemmt. Die Prozentangaben für die beiden untersten Spektren aller 3 Diagramme sind schwach fundiert, da jeweils nur wenige Pollenkörner so tief eindrangen. Die Kurvenzüge wurden daher in diesem Bereich nur gestrichelt gezeichnet. Beim Vergleich der 3 Diagramme wird von diesen Werten abgesehen.

Betula —○— Quercus —■— Fagus —▲—

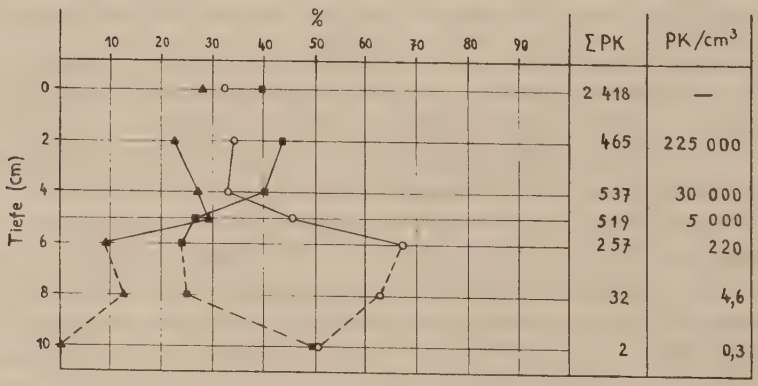


Abb.39. Versuch 3. (Wassermenge: 30 l in 40,5 Stunden.)

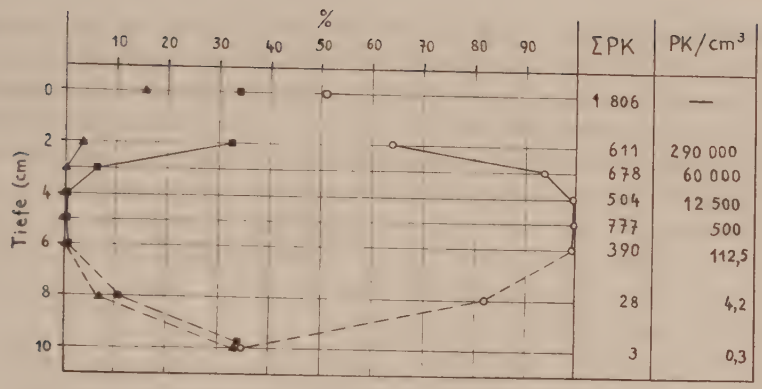


Abb.40. Versuch 4. (Wassermenge: 30 l in 30 Stunden.)

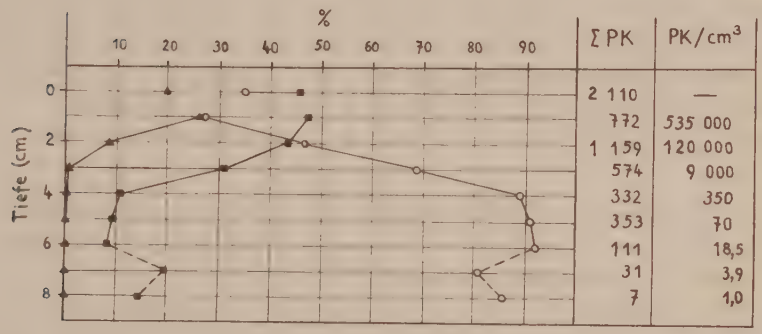


Abb.41. Versuch 5. (Wassermenge: 60 l in 105,5 Stunden.)

Besonders auffallend ist die in allen 3 Versuchen sich mehr oder weniger rasch einstellende Dominanz von Betula. Offensichtlich wird der Pollen der Birke als der kleinste (23 µm) unter den 3 Pollenarten am besten eingeschwemmt. Der Anteil des fast doppelt so großen Pollens von Fagus (43 µm) geht in den Versuchen 4 und 5 schon in 3 cm Tiefe praktisch auf Null zurück. In Versuch 3 wird dagegen Fagus bis in 4 - 5 cm Tiefe ähnlich gut einge-

schwemmt wie Betula, dann nimmt aber Betula auf Kosten von Fagus und Quercus zu. Der Quercus-Pollen verhält sich ungefähr so wie der Pollen von Fagus, was seinem nur wenig kleineren Durchmesser (36 µm) entspricht. Immerhin erreicht er in den Versuchen 3 und 5 in merklicher Zahl die gleichen Tiefen wie Betula. Diese beiden Versuche zeigen dennoch, wie sehr Betula bei der Tiefenverfrachtung gegenüber Quercus begünstigt ist, denn in beiden Fällen liegt der Anteil von Betula in der eingeschwemmten Mischung deutlich unter dem von Quercus, aber schon in 2 bzw. 5 cm Tiefe wird Quercus von Betula überflügelt.

In Versuch 5 sind Fagus und Quercus in der 1 cm-Schicht mit höheren Werten vertreten als in der Ausgangsmischung, Betula geht dagegen zurück. Diese Tatsache läßt sich so interpretieren: Da Fagus und Quercus relativ schlecht in die Tiefe verfrachtet werden, befand sich der größte Teil ihres Pollenmaterials bei Abbruch des Versuches in der 1 cm-Schicht, ein relativ großer Teil des Betula-Pollens war indessen schon tiefer eingedrungen. Ähnliche Verhältnisse finden sich bei Versuch 3; vermutlich hätte eine Untersuchung der 1 cm-Schicht bei Versuch 4 entsprechende Ergebnisse gebracht.

Bei den Versuchen 3 und 4 wurden etwa gleich große Pollenmengen (0,5 cm^3) durch gleich große Wassermengen (30 l) eingeschwemmt. Die geringere Strömungsgeschwindigkeit in Versuch 3 beruht wahrscheinlich auf einer etwas dichteren Sandpackung als in Versuch 4. Bei beiden Versuchen wurde maximal die gleiche Tiefe erreicht, die Pollendichten der einander entsprechenden Schichten zeigen nur graduelle Unterschiede. Der Verlauf entsprechender Kurven ist zwar in den obersten Schichten nicht der gleiche, aber das war auf Grund der unterschiedlichen Zusammensetzung der Mischungen zu erwarten. Der Abfall von Fagus und Quercus und der Anstieg von Betula ist beiden Diagrammen wieder gemeinsam.

Während bei den Versuchen 1 - 4 die Abstände der untersuchten Schichten meist 2 cm betrugen, wurde bei Versuch 5 die Sandsäule Zentimeter für Zentimeter analysiert. Mit Hilfe der Prozentwerte

und der Gesamtpollendichte kann man die Pollendichten von Betula, Quercus und Fagus für jede Schicht berechnen. Addiert man die Pollendichten jeder Pollenart und stellt ihren prozentualen Anteil an der Summe der Gesamtpollendichten fest, so müssen sich theoretisch die gleichen Prozentwerte wie bei der eingeschwemmten Mischung ergeben. Die auf diese Weise ermittelten Werte zeigt Tab.9.

Tiefe	Gesamtpollendichte PK/cm^3	Betula PK/cm^3	Quercus PK/cm^3	Fagus PK/cm^3
1 cm	535 000	142 000	252 000	141 000
2 cm	120 000	57 200	52 200	10 600
3 cm	9 000	6 183	2 763	54
4 cm	350	311,2	37,8	1,0
5 cm	70	63,5	6,5	-
6 cm	18,5	17,0	1,5	-
7 cm	3,9	3,2	0,7	-
8 cm	1,0	0,9	0,1	-
	664 443,4 = 100,0 %	205 778,8 = 31,0 %	307 009,6 = 46,2 %	151 655,0 = 22,8 %
Ausgangsmischung	-	34,7 %	45,6 %	19,7 %

Tab.9. Versuch 5.

Die Übereinstimmung der Prozentanteile ist innerhalb gewisser Fehlergrenzen recht gut. Das bedeutet, daß bei der Abtrennung des Pollens vom Sand mit der angegebenen Methode keine prozentuale Verschiebung zugunsten einer bestimmten Pollenart eintritt.

c) Versuch 6

Da bei Abbruch der Versuche 3 und 4 selbst die schnellsten Pollenkörner lediglich die halbe Sandsäule durchwandert hatten, wurde in Versuch 5 in der Hoffnung auf einen stärkeren Tiefentransport die doppelte Wassermenge (60 l) durch die Sandsäule geleitet. Wider Erwarten fand jedoch kein stärkerer, sondern bei stark

herabgesetzter Strömungsgeschwindigkeit ein geringerer Tiefentransport statt. Vielleicht war der Sand besonders dicht gepackt, so daß die Pollenkörner aus diesem Grund nur langsam vordringen konnten. Möglicherweise hat auch die große Pollenmenge (1 cm^3) das Eindringen des Wassers in die obersten Sandschichten erschwert.

Um mit Sicherheit ein rascheres und tieferes Eindringen der Pollenkörner zu erzielen, wurde in Versuch 6 eine Sandmischung mit gröberem Korn, die Mischung 2 verwendet. Eingeschwemmt wurden Betula- und Fagus-Pollenkörner. Die Untersuchung der Sandsäule ergab das in Abb. 42 wiedergegebene Diagramm.

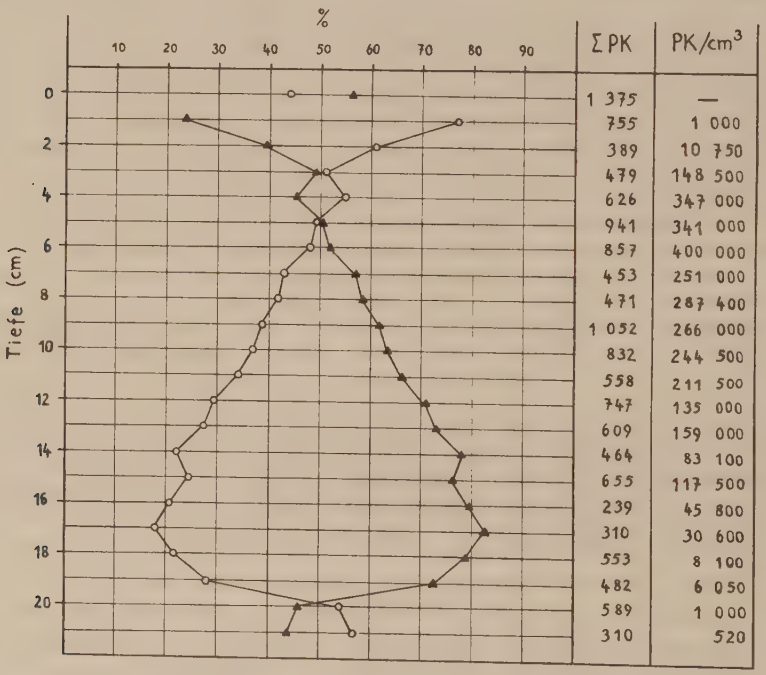


Abb.42. Versuch 6. Tiefentransport von Fagus und Betula. (Wassermenge: 68 l in 40,5 Stunden.)

Wie erwartet, verlief bei diesem Versuch der Tiefentransport sehr wirkungsvoll. Mit 520 PK/cm^3 war die Pollendichte selbst in der untersten Schicht noch relativ hoch. Unerwartet kam indessen das von den vorausgegangenen Versuchen abweichende Verhalten von Fagus und Betula. Fagus, an der Ausgangsmischung mit 55,9 % beteiligt, nimmt nach einem Rückgang auf 23,2 % in der 1 cm-Schicht sofort wieder zu, übertrifft bei 5 cm Tiefe Betula und erreicht in 17 cm Tiefe mit 82,3 % den höchsten Wert. Erst jetzt nimmt Betula zu und wird in den beiden untersten Spektren dominierend.

Wie lassen sich diese überraschenden Befunde deuten? Wie schon Versuch 5 zeigte, ist es unwahrscheinlich, daß beim Abtrennen Betula bevorzugt im Sand zurückbleibt. Für Versuch 6 wurden entsprechende Berechnungen durchgeführt, die folgende Werte ergaben (in Klammern die Anteile in der eingeschwemmten Mischung): Betula 41,3 % (44,1 %), Fagus 58,7 % (55,9 %), Die Verschiebung zugunsten von Fagus ist zu gering, um als Erklärungsmöglichkeit auszureichen. Die Annahme, daß ein großer Teil des Betula-Pollens bei Abbruch des Versuches die Sandsäule bereits verlassen haben könnte, läßt sich durch die Zahlen über den Verlauf der Pollendichte widerlegen.

Sollte der bei diesem Versuch verwendete, anders zusammengesetzte Sand der Grund für die unerwarteten Ergebnisse sein? Um das nachzuprüfen, wurde die Größenverteilung innerhalb der beiden Sandmischungen ermittelt. Bei Formen, die nicht annähernd kreisrund waren, wurde der Durchmesser entsprechender flächengleicher Kreise abgeschätzt. Bei der Mischung 1 wurden nur solche Sandkörner ausgemessen, die mindestens 20 µm groß waren.

Sand-mischg.	1,26 -1,0 mm	1,0 -0,9 mm	0,9 -0,8 mm	0,8 -0,7 mm	0,7 -0,6 mm	0,6 -0,5 mm	0,5 -0,4 mm	0,4 -0,3 mm	0,3 -0,2 mm	0,2 -0,1 mm	100 -20 µm
1	1,1	1,2	1,2	2,3	3,8	5,0	9,3	15,8	31,4	21,9	7,0
2	-	-	2	13	40	39	6	-	-	-	-

Tab. 10. Prozentuale Zusammensetzung der Sandmischungen 1 und 2.

Der größte Teil der Mischung 1, insgesamt 78,4 %, gehört in den Größenbereich 0,1 - 0,5 mm; die Mischung 2 besteht zu 92 % aus Sandkörnern mit Durchmessern zwischen 0,5 und 0,8 mm. Die Hohlräume

zwischen den Sandkörnern müssen demnach bei Mischung 2 im Durchschnitt wesentlich größer sein als bei Mischung 1. Sollten sie groß genug sein, um auch den Buchenpollenkörnern ein leichtes Vordringen in die Tiefe zu gestatten? Eine einfache Überlegung an Hand einer Modellvorstellung soll diese Frage beantworten:

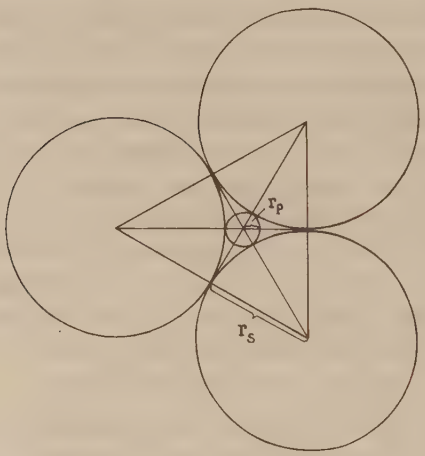


Abb.43. Zusammenhang zwischen r_p und r_s.

Die Pollenkörner seien kugelförmig und bewegen sich zwischen den ebenfalls kugelförmig gedachten, in hexagonal dichtester Kugelpackung angeordneten Sandkörnern hindurch in die Tiefe. Es wird berechnet, wie groß der Durchmesser der Sandkörner mindestens sein muß, damit die Buchenpollenkörner die Lücken zwischen den Sandkörnern passieren können. Mit Hilfe der Abb. 43 läßt sich folgender Zusammenhang zwischen Sandkornradius (r_s) und Pollenkornradius (r_p) herleiten:

$$r_p = r_s \left(\frac{2}{3}\sqrt{3} - 1\right) \approx 0{,}155\ r_s$$

Für die Durchmesser gilt entsprechend:

$$d_p = 0{,}155\ d_s \quad \text{bzw.} \quad d_s = \frac{1}{0{,}155}\ d_p \approx 6{,}5\ d_p.$$

Die Sandkörner müssen also 6,5 mal größer sein als die Pollenkörner. Nimmt man für Fagus einen Durchmesser von 43 µm an, dann erhält man einen Sandkorndurchmesser von 280 µm = 0,28 mm. Tab.10 zeigt, daß in Mischung 2 sämtliche Sandkörner beträchtlich größer als 0,28 mm sind, während in Mischung 1 ein großer Prozentsatz darunter liegt. Durch die Lücken der Mischung 2 können demnach die

Buchenpollenkörner genau so ungehindert hindurchtreten wie die kleinen Birkenpollenkörner.

Warum aber werden die Pollenkörner der Buche rascher in die Tiefe verfrachtet als die der Birke? Der Grund dafür ist in einer physikalischen Gesetzmäßigkeit zu suchen. Die Endgeschwindigkeit eines Körpers im gleichförmigen Fall in Luft oder in einer Flüssigkeit ist um so größer, je größer das Gewicht im Verhältnis zur Fläche ist. Bei kugelförmigen Körpern nimmt das Gewicht mit der dritten Potenz, die Oberfläche nur mit dem Quadrat des Radius zu. Bei gleichem spezifischem Gewicht erreichen daher große Kugeln eine größere Endgeschwindigkeit als kleine Kugeln. Wenn wir annehmen, daß wasserdurchtränkter Buchen- und Birkenpollen ungefähr das gleiche spezifische Gewicht haben - nach POHL (1937 b) liegt es bei Laubholzpollen allgemein etwas über 1 -, dann steht das Verhalten der Pollenkörner von Birke und Buche in Versuch 6 durchaus in Einklang mit den physikalischen und geometrischen Gegebenheiten. Die bevorzugte Einschwemmung von Betula in den Versuchen 3 - 5 ist mithin auf die feinkörnige Sandmischung 1 zurückzuführen. Sie bietet den kleinen Pollenkörnern wesentlich mehr Durchtrittsmöglichkeiten als den großen.

Auch wenn unsere Modellvorstellung die wirklichen Verhältnisse stark idealisiert, vor allem bezüglich der Kugelgestalt der Sandkörner, so dürfte sie doch den Versuchsbedingungen im Prinzip gerecht werden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich, die Ergebnisse der Einschwemmversuche einleuchtend zu interpretieren.

2. Zusammenhang zwischen Pollendichte und Tiefe

Es muß hier zunächst erwähnt werden, daß bei Versuch 6 sowohl die Anzahl der eingeschwemmten als auch die der vom Sand wieder isolierten Pollenkörner bestimmt wurde. Dabei zeigte sich, daß mit der angeführten Trennungsmethode nur rund 2/3 des eingeschwemmten Pollenmaterials zurückgewonnen werden. Ähnliche Verhältnisse dürften bei den anderen Versuchen vorliegen. Eine sinnvolle Interpretation der ermittelten Pollendichten ist trotzdem möglich, denn es spricht nichts gegen die Annahme, daß aus jeder Sandschicht der gleiche

Bruchteil des absoluten Pollengehaltes abgetrennt wurde. Das bedeutet, daß sich die ermittelten Pollendichten von den tatsächlichen nur um den jeweils gleichen Faktor unterscheiden. Man kann sie daher untereinander ebenso vergleichen, als handle es sich um absolute Angaben.

In den Diagrammen der Abb. 44 und 45 ist die Abhängigkeit der Pollendichte von der Tiefe dargestellt. Während Abb. 44 den Verlauf der Gesamtpollendichte bei den Versuchen 3, 4 und 5 zeigt, gibt Abb. 45 die Pollendichtekurven der bei Versuch 3 verwendeten Pollenarten wieder. Da sich die Pollendichte größenordnungsmäßig erheblich stärker ändert als die Tiefe, wurden auf der Abszisse nicht die Pollendichtezahlen selbst, sondern ihre (Zehner-) Logarithmen aufgetragen.

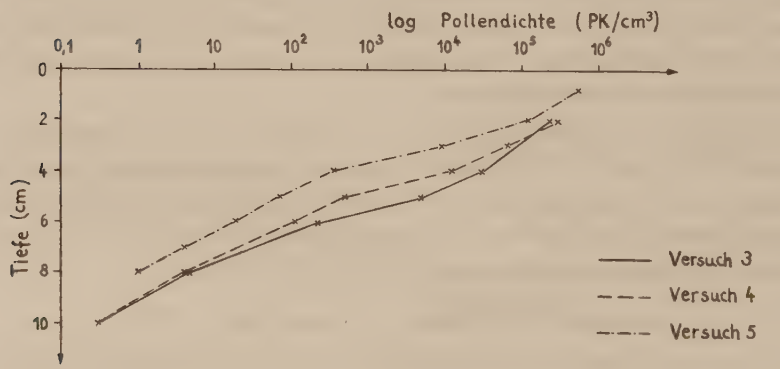


Abb.44. Kurven der Gesamtpollendichten.

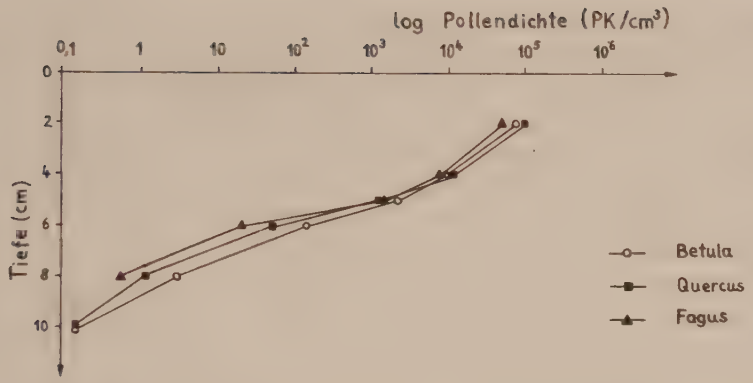


Abb.45. Pollendichtekurven der einzelnen Pollenarten bei Versuch 3.

Man ist geneigt, die Kurven näherungsweise als Geraden zu betrachten. Bei einem linearen Kurvenverlauf müssen aber,da im Diagramm die Logarithmen der Pollendichtezahlen eingetragen sind, Pollendichte und Tiefe in Form einer Exponentialfunktion zusammenhängen. Diese Vermutung wurde in einem weiteren Versuch überprüft. Verwendet wurde Betula-Pollen und die Sandmischung 2. Da selbst die tiefsten Lagen pollenreich waren, konnte die Pollendichte auch linear gegen die Tiefe aufgetragen werden. Die Ergebnisse dieses Versuches werden von den Abb. 46 und 47 wiedergegeben.

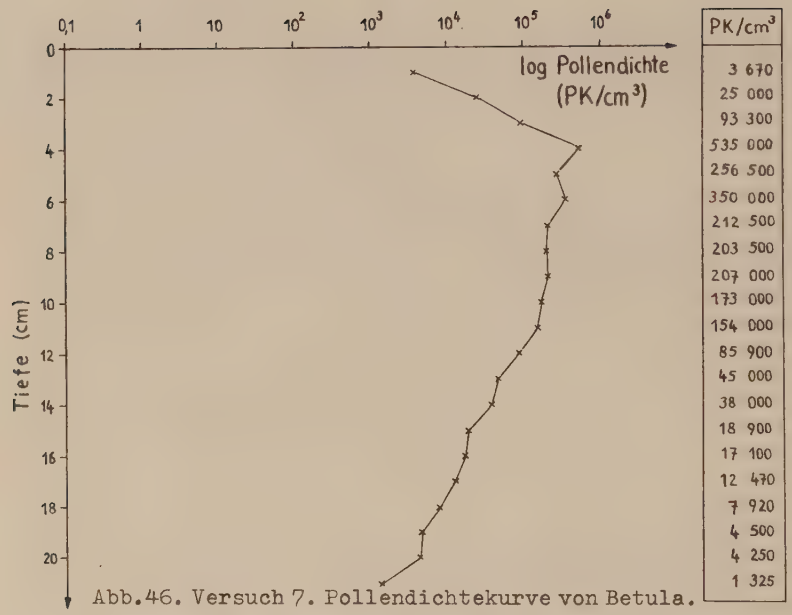


Abb.46. Versuch 7. Pollendichtekurve von Betula.

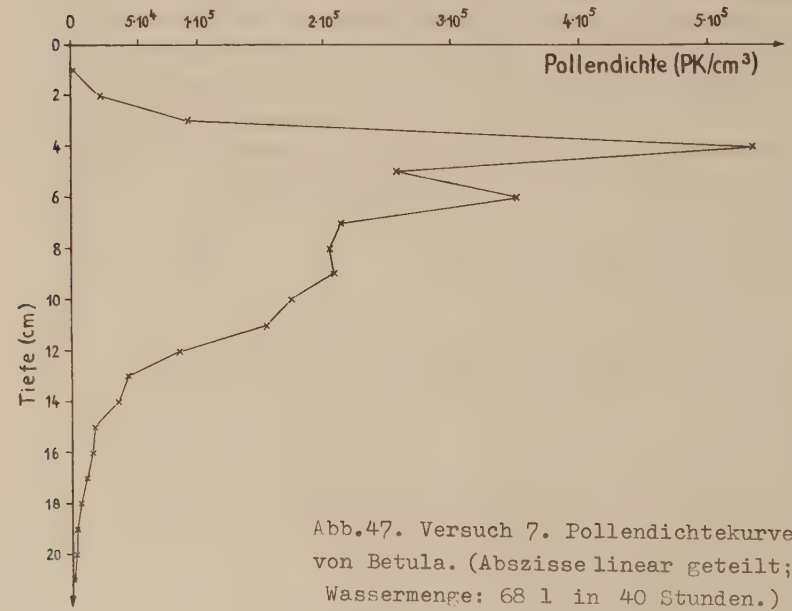


Abb.47. Versuch 7. Pollendichtekurve von Betula. (Abszisse linear geteilt; Wassermenge: 68 l in 40 Stunden.)

Die Kurven zeigen, daß das Maximum der Pollendichte bei Abbruch des Versuches 4 cm unter der Oberfläche lag. Der Anstieg der Pollendichte bis zu diesem Maximum erfolgt im Diagramm mit logarithmisch geteilter Abszisse deutlich linear; weniger ausgeprägt ist der lineare Verlauf beim Abfall der Pollendichte. Im Diagramm mit linear geteilter Abszisse muß sich nach unserer Annahme der Zusammenhang zwischen Pollendichte und Tiefe als Exponentialkurve darstellen. Dieser Forderung entspricht der Abschnitt bis zum Maximum sehr gut; im anschließenden Bereich zwischen 4 und 11 cm Tiefe treten einige Unstetigkeiten auf, die das Kurvenbild beeinträchtigen. Dennoch spricht auch der Kurvenverlauf für die abfallende Pollendichte insgesamt gesehen für unsere Annahme. Lediglich bei einer gleichmäßigen Verteilung der Sandkörner unterschiedlicher Größe durch die ganze Sandsäule hätte man einen stetigen Kurvenverlauf erwarten können. Diese Bedingung dürfte aber bei den Versuchen nur näherungsweise erfüllt sein.

Sollte der aus dem Verlauf der Kurven gefolgerte Zusammenhang zwischen Pollendichte und Tiefe wirklich einer mathematischen Gleichung genügen, dann müßte sich diese auch theoretisch herleiten lassen. Einen geeigneten Ansatz für die mathematische Behandlung dieses Problems bieten Überlegungen, wie sie in WESTPHALs "Physik" (1963, S. 153) zur Berechnung der freien Weglänge der Gasmoleküle angestellt werden. Dabei wird mit Hilfe einer Modellvorstellung die Bewegung einer Schar von Gasmolekülen durch eine Gasschicht beschrieben. Die Molekülzahl der betrachteten Schar nimmt ab, da ein Teil der sich bewegenden Moleküle infolge von Zusammenstößen mit Molekülen der durchlaufenen Gasschicht aus der Schar ausscheidet. Die relative Änderung der Molekülzahl der Schar in der Gasschicht läßt sich angeben und daraus durch Integration die formelmäßige Abhängigkeit der Molekülzahl vom zurückgelegten Weg herleiten. Es handelt sich dabei um eine Exponentialfunktion mit der Basis e.

Denkt man sich die Gasmoleküle der Schar durch Pollenkörner und die Moleküle der durchlaufenen Gasschicht durch Sandkörner ersetzt, dann kann man die Bewegung der Pollenkörner durch die Sandsäule

entsprechend beschreiben. Die analog ableitbare relative Änderung der Pollendichte läßt sich ebenfalls integrieren. Die so gewonnene Gleichung gibt aber nur den Zusammenhang zwischen Pollendichte und Tiefe für den ersten kleinen Wegabschnitt bei Beginn des Versuches an. Die bei Abbruch des Versuches vorliegende Verteilung der Pollenkörner über die ganze Länge der Sandsäule ließe sich nur durch eine Funktion ausdrücken, bei deren Herleitung berücksichtigt wird, daß erreichte Tiefe und Pollendichte von der Strömungsgeschwindigkeit des durchsickernden Wassers und damit von der Zeit abhängen. Außerdem müßte die bei Versuch 6 gefundene Beziehung zwischen Sandkorngröße und Bevorzugung kleiner bzw. großer Pollenkörner beachtet werden. Von dem Versuch, alle diese Faktoren in einer Gleichung zu erfassen, wurde abgesehen. Wir begnügen uns hier mit der Feststellung, daß die theoretischen Überlegungen unsere Vermutung über den Verlauf der Pollendichtekurven bestätigen. Die Änderung der Pollendichte folgt einer Exponentialkurve, der eine e-Funktion mit einem Hochpunkt zugrunde liegt.

B. Einschwemmung in Lehm

Es war geplant, nach den Untersuchungen zur Polleneinschwemmung in Sand entsprechende Versuche mit Lehm durchzuführen. Ein Vorversuch, bei dem pollenfreier Lehm von einer der Entnahmestellen verwendet wurde, zeigte indessen, daß eine experimentelle Polleneinschwemmung in Lehm unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht möglich ist: Im Verlauf von 6 Tagen war nur 1/2 l Wasser durch die Lehmsäule gesickert, und der auf der Oberfläche aufgeschüttete Alnus-Pollen war noch nicht einmal in die oberste Lehmschicht eingedrungen.

Die künstliche Lehmsäule unterschied sich in ihrer Konstitution offenbar zu stark von einem natürlichen Lehmbodenprofil, um eine Untersuchung der Vorgänge bei der Polleneinschwemmung in Lehm zu erlauben. So sind die Lehmteilchen in Wirklichkeit sicher nicht so dicht gepackt wie im Plastikrohr. MÜLLER (1951) erwähnt ja ausdrücklich, daß auch bei dicken Lehmpolstern das Wasser nicht oberflächlich gestaut, sondern nach der Tiefe weitergegeben wird. Mög-

licherweise hätte ein zusammenhängendes Profil der obersten Bodenschichten ein besseres Ergebnis gebracht. Aber abgesehen von der Schwierigkeit, ein solches Profil völlig unversehrt ins Laboratorium zu bringen, hätten wir auch in ihm keinen so beträchtlichen Tiefentransport wie in Sand erwarten können. Wir haben ja schon im 1. Teil im Sinne von WELTEN (1958, 1962) angenommen, daß für den Tiefentransport von Pollen im Boden die Einschwemmung (downwash) nur für die obersten Zentimeter wichtig ist und daß im übrigen der Vorgang der inneren Bodenumwälzung die entscheidende Rolle spielt. Dieser Prozeß ließe sich höchstens an Ort und Stelle unter natürlichen Bedingungen verfolgen. Derartige Untersuchungen müßten sich aber über Jahre hinziehen.

IV. Zusammenfassung

1. In 6 Versuchen wurde untersucht, ob sich die Größe des Pollenkorndurchmessers beim Einschwemmen in Sand auswirkt. Aus den Ergebnissen kann man folgende Schlüsse ziehen: Kleine Pollenkörner werden nur dann bevorzugt eingeschwemmt, wenn der Sand so feinkörnig ist, daß er den kleinen Pollenkörnern viel mehr Durchlaßmöglichkeiten bietet als den großen. Ist der Sand dagegen so grobkörnig, daß sämtliche Lücken zwischen den Sandkörnern weit genug sind, um auch Pollenkörner mit großem Durchmesser ungehindert durchtreten zu lassen, dann dringen große Pollenkörner auf Grund ihrer größeren Sinkgeschwindigkeit besser ein als kleine. Diese Angaben gelten nur für Laubholzpollen. Beim Kiefernpollen - vermutlich bei sämtlichem Koniferenpollen - spielt bei der Tiefenverfrachtung neben dem Durchmesser die Schwimmfähigkeit eine wichtige Rolle.
2. Pollendichte und Tiefe hängen bei der Einschwemmung in eine Sandsäule in Form einer e-Funktion zusammen.
3. Eine experimentelle Polleneinschwemmung in Lehm war unter den gegebenen Versuchsbedingungen nicht möglich.

Dritter Teil

Pollenanalytische Untersuchungen an pollenarmen, mineralischen Sedimenten[1)]

I. Aufbereitungsverfahren

Bei pollenreichem Ausgangsmaterial lassen sich aus mineralischen Sedimenten und Böden mit der Flußsäuremethode nach ASSARSON & GRANLUND (1924) ziemlich mühelos ausreichende Pollenmengen isolieren. Ist die Pollenführung dagegen gering, so befriedigt diese Methode nicht; viel mineralisches Material muß mit entsprechend großen Mengen Flußsäure aufgeschlossen werden, und oft lohnen die erzielten Ergebnisse den Aufwand nicht. Daher wurden mehrere Verfahren entwickelt, bei denen der Silikatanteil nicht auf chemischem Wege aufgelöst, sondern mit Hilfe einer Trennflüssigkeit durch Zentrifugieren vom organischen Anteil abgetrennt wird. Diese Methoden sind unter den Begriffen Flotations- bzw. Schweretrennungs-Verfahren bekannt geworden. Sie unterscheiden sich voneinander im wesentlichen durch die verwendete Trennflüssigkeit. Nähere Angaben dazu finden sich z.B. bei ZOLYOMI (1953) und FRENZEL (1964).

Da die Dichte der meisten wasserdurchtränkten Pollenkörner nach POHL (1937 b) etwas über 1,0 und die Dichte von Quarz, dem wichtigsten Bestandteil vieler minerogener Sedimente, ungefähr 2,6 beträgt, liegt die Dichte der Trennflüssigkeiten zwischen diesen Werten, gewöhnlich bei 2,0, maximal bei 2,5 $g \cdot cm^{-3}$. Bei meinen Einschwemmversuchen genügte sogar das relativ leichte Glyzerin (1,26 $g \cdot cm^{-3}$) zur Abtrennung der künstlich eingeschwemmten Pollenkörner vom Sand; zur Abtrennung des natürlichen Pollengehaltes aus pollenarmen Proben erwies sich Glyzerin allerdings als wenig geeignet.

1) Die vorliegenden Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützt. Dafür sei an dieser Stelle verbindlichst gedankt.

Mit dem reinen Flotationsverfahren kann man aber, vor allem wenn es um die Bearbeitung feinsandiger, schluffiger oder toniger Sedimente geht, mineralische und organische Bestandteile nicht immer vollständig trennen. Beim Zentrifugieren werden, worauf FREY (1955) hinweist, u.U. Pollenkörner oder Sporen durch anhaftende mineralische Teilchen in den Bodensatz mitgerissen. Außerdem lassen sich feinste mineralische Partikel oft nur unvollständig abzentrifugieren, so daß sie mit dem organischen Anteil in die Präparate gelangen und das Mikroskopieren erschweren. Es lag nahe, diese Nachteile des Flotationsverfahrens durch Kombination mit der HF-Methode aufzuheben. Verfahren dieser Art wurden von KUYL (1961) zur Untersuchung kalkhaltiger Sedimente und von FRENZEL (1964) zur Pollenanalyse von Lössen ausgearbeitet.

Beide Autoren lösen zunächst den Karbonatanteil mit HCl auf. Bei KUYL schließt sich eine Flußsäurebehandlung zur möglichst weitgehenden Auflösung der Silikate an. Erst danach werden der nicht aufgelöste Rest an Silikaten und die anderen schweren Mineralien durch Flotation mit einem Alkohol-Bromoform-Gemisch (Dichte 2,0 $g \cdot cm^{-3}$) abgetrennt. FRENZEL entfernt dagegen die nach der HCl-Behandlung zurückgebliebene mineralische Grundmasse durch mehrmalige Flotation mit Thouletscher Lösung (Dichte 2,0 $g \cdot cm^{-3}$). Wichtig ist nun, daß die Trennflüssigkeit nach jedem Zentrifugieren durch ein und denselben Papierfilter gegossen wird. Was jetzt an mineralischen Bestandteilen das auf dem Papierfilter angereicherte Sporomorphenmaterial noch verunreinigt, wird durch kochende Flußsäure aufgelöst.

Das Verfahren von KUYL erfordert bei stark silikathaltigen Proben relativ große Mengen an HF. Aber auch FRENZEL benötigt für 100 g Material noch 150 ml konzentrierte Flußsäure. Wegen des großen Silikatanteiles unserer Proben kam nur eine Anwendung der von FRENZEL angegebenen Methode in Frage, allerdings wurde versucht, sie nach Möglichkeit zu vereinfachen und abzukürzen. Folgendes im Grundprinzip auf die Methode von FRENZEL zurückgehende Aufbereitungsverfahren erwies sich als zweckmäßig:

1. 100 - 200 g Material abwiegen und zerkleinern.

2. Auflösung der Karbonate mit 10 - 20 %iger HCl (Aufkochen oder längeres Stehenlassen).

3. Material zentrifugieren, gründlich mit Wasser waschen, zentrifugieren.

4. Rückstand im Zentrifugenglas mit der Trennflüssigkeit (Thouletsche Lösung, Dichte 2,0 - 2,5 $g \cdot cm^{-3}$) durch Umrühren mit Glasstab gut dispergieren. Dispersion in 2 durch Schraubverschluß dicht verschließbare Plastikfläschchen (100 ml) gießen und von Hand 5 - 10 Minuten schütteln. Zentrifugieren. Überstehende Flüssigkeit durch Papierfilter Marke Schleicher und Schüll 604 (Schnellfilter) in Vorratsgefäß gießen.

5. Punkt 4 noch 2 mal mit Rückstand wiederholen.

6. Das auf dem Filter gesammelte Material wird in ein großes Becherglas (500 ml) überführt. Man heftet dazu den feuchten Papierfilter, von dem vorher die nicht mit Pollenmaterial versehene Hälfte abgeschnitten wird, an die Innenwand des Becherglases und spült den Niederschlag mit kräftigem Strahl aus der Wasserflasche ins Becherglas.

7. Das in reichlich Wasser verteilte Material abzentrifugieren, Rückstand in wenig Wasser aufnehmen und in ein Plastikfläschchen bringen.

8. Rückstand mit 10 - 20 ml HF konz. überschütten; um die Auflösung der mineralischen Reste zu beschleunigen, Plastikfläschchen schütteln. In Polyäthylen-Zentrifugenröhrchen zentrifugieren.

9. Zersetzten Rückstand mit 10 %iger HCl waschen, zentrifugieren, mit Wasser waschen, zentrifugieren.

10. Rückstand mit Eisessig waschen, zentrifugieren.

11. Rückstand azetolysieren.

Verwendet wurde eine Zentrifuge, die wahlweise mit 4 großen Zentrifugengläsern (50 ml) oder 8 kleinen Zentrifugengläschen (12,5ml) bestückt werden konnte und die eine Geschwindigkeit von 3 000 U/min

erreichte. Die Aufbereitung von 100 - 200 g Material dauerte bei sandigen Proben ungefähr 3 Stunden, bei schluffig bis tonigen Proben 1 - 2 Stunden länger, da sich hier das Absetzen aus der Trennflüssigkeit meist nur zögernd vollzog. (FRENZEL (1964) benötigt dagegen mit der ungekürzten Methode zur Aufbereitung einer 100 g schweren Lößprobe 2 $\frac{1}{2}$ Tage.) Zur Herstellung der Thouletschen Lösung werden nach HALLIK (1957) 90 g KJ und 100 g CdJ_2 in einem Porzellantiegel verrieben und mit so wenig destilliertem Wasser versetzt, daß eine konzentrierte Lösung entsteht. Man erhält eine Lösung mit einer Dichte zwischen 2,0 und 2,5 $g \cdot cm^{-3}$. Die Trennflüssigkeit wird für mehrere Proben verwendet. Man muß aber immer wieder die Dichte nachprüfen, da trotz des Zentrifugierens geringe Wasserreste vom Auswaschen her im Rückstand zurückbleiben, welche die Lösung allmählich verdünnen. Durch Zugabe des angeführten Jodid-Gemenges stellt man die Dichte wieder auf die gewünschte Höhe ein.

In einigen Fällen wurde ein von ZOLYOMI (1953) ausgearbeitetes Flotationsverfahren mit 70 %iger $ZnCl_2$-Lösung (Dichte 1,95 $g \cdot cm^{-3}$) als Trennflüssigkeit angewendet und ebenfalls mit der Flußsäure-Methode kombiniert.

Vorteile dieser Methode:

1. Das Auswaschen mit Wasser nach der Karbonat-Vertreibung entfällt, da die Gegenwart von etwas HCl bei der Trennung mit Zinkchloridlösung notwendig ist, um deren Hydrolyse zu verhindern.
2. $ZnCl_2$ greift die Zellulose an, wodurch "gewissermaßen die Zerstörung der organischen Bestandteile vorbereitet (wird)" (ZOLYOMI 1953).
3. $ZnCl_2$ ist verhältnismäßig billig.

Nachteile:

1. Konzentrierte $ZnCl_2$-Lösung ist unangenehm zu handhaben, Gefahr der Verätzung durch Hydroxosäure.
2. Ein Filtrieren durch Papierfilter ist wegen der erwähnten Aggressivität gegenüber Zellulose nicht möglich. Zur Gewinnung des organischen Anteiles muß die $ZnCl_2$-Lösung mit etwa der

3 - 4 fachen Menge an Wasser verdünnt werden, um die Dichte so weit zu erniedrigen, daß das organische Material abzentrifugiert werden kann. Eine wiederholte Verwendung der $ZnCl_2$-Lösung zu Trennungszwecken ist daher nicht möglich. Ein Abpipettieren der die organischen Anteile enthaltenden Oberschicht, wie es ZOLYOMI (1953) empfiehlt, führte zu keinen befriedigenden Ergebnissen.

3. Die Dichte der Lösung kann nicht auf 2,0 $g \cdot cm^{-3}$ oder darüber erhöht werden.

Bei relativ pollenreichen Proben führte diese Methode zu guten Ergebnissen. Da man in diesem Fall weniger Ausgangsmaterial braucht, lassen sich 2 oder 4 Proben nebeneinander aufbereiten. Verzichtet man außerdem auf eine zweite oder dritte Schweretrennung, so ist der Zeitgewinn beträchtlich. Bei pollenarmen Proben ist indessen trotz des größeren Zeitaufwandes die Trennung mit Hilfe der Thouletschen Lösung vorzuziehen.

In einem Arbeitsbericht vom 15.12.1969 teilt BEUG das in der Abteilung für Palynologie an der Universität Göttingen verwendete Trennungsverfahren mit. Hier dient ebenfalls Zinkchlorid-Lösung als Trennflüssigkeit, eine HF-Behandlung ist nicht vorgesehen. Übereinstimmend mit meinen Erfahrungen wird Kochen mit 10 %iger NaOH nur dann als empfehlenswert erachtet, wenn größere Mengen löslicher Humussubstanzen vorliegen. Außerdem wird angeführt, daß das Schütteln von Hand ausgeführt werden kann und dabei oft bessere Ergebnisse erzielt werden als mit einer Schüttelmaschine.

Eine Frage ist für die Beurteilung der Flotationsmethode besonders wichtig: Werden sämtliche Pollenarten bei der Schweretrennung gleich gut von ihrer Bindung an die mineralische Grundsubstanz befreit? FREY (1955) fand Übereinstimmung zwischen Spektren aus KOH-Aufschlüssen und Spektren nach dem Flotationsverfahren. Er nimmt daher an, daß hier keine Fehlerquelle vorliegt. Eigene Untersuchungen bestätigen diese Annahme. Tab.11 gibt die Ergebnisse einer derartigen Paralleluntersuchung wieder.

	Pin	Pic	Ab	Bet	Aln	Que	Til	EMW	Cor	NBP	Σ P	Präp.
Flotat.	77,4	4,0	2,0	0,8	0,6	0,4	-	0,4	1,2	13,6	500	5
HF-Meth.	73,3	6,0	2,0	0,7	1,3	1,3	0,7	2,0	3,3	11,3	150	21

Tab.11. Paralleluntersuchung Wurzacher Becken (101,8 m).

Mit dem beschriebenen kombinierten Aufbereitungsverfahren ist es demnach möglich, die organischen Bestandteile gleichmäßig und ziemlich vollständig von der mineralischen Grundmasse zu trennen. Die Zahlen für die ausgezählten Präparate in Tab. 11 zeigen, wie groß der Anreicherungseffekt ist. Von besonderer Bedeutung für eine erfolgreiche Abtrennung des Sporomorphenmaterials ist die am Anfang stehende HCl-Behandlung, die zu einer starken Zerteilung des Materials führt (siehe auch ZOLYOMI 1953). Es wäre daher auch bei stark kalkhaltigen Proben wenig sinnvoll, auf eine Auflsöung der Karbonate zu verzichten und sofort nach der mechanischen Zerkleinerung die Schweretrennung durchzuführen.

II. Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 (DFG).
Nachuntersuchung der Schichten in 100 - 109 m Tiefe

A. Problemstellung

Das bei der wissenschaftlichen Kernbohrung Wurzacher Becken 1 im Jahre 1966 gewonnene Kernmaterial wurde von verschiedenen Autoren in geologischer und paläontologischer Hinsicht ausgewertet. Die Ergebnisse sind in GERMAN et al. (1968) dargestellt. FILZER führte die pollenanalytischen Untersuchungen durch. Sie brachten, stark vereinfacht, folgende Resultate: Auf hochwürmzeitliche Sedimente folgt von 82,9 bis 95,0 m Tiefe ein ausgedehnter pollenführender Abschnitt, der die Riß-Würm-Warmzeit (94,7 - 95,0 m) und ihre Fortsetzung in die Würmzeit repräsentiert. Bei 97,1 m steht eine Schicht an, deren Spektrum eher auf ein Interstadial (Riß-Interstadial?) als auf eine Initialphase der letzten Warmzeit hinweist. Zwischen 100 und 109 m Tiefe tritt eine weitere Pollenzone auf. In den Schichten darunter von 109 - 169 m Tiefe ist die Pollenführung so gering, daß keine pollenanalytische Auswertung mehr möglich ist. Bei 189 m wurde durch eine auf die Kernbohrung folgende Spülbohrung die Tertiär-Quartär-Grenze durchteuft.

Der Abschnitt von 100 - 109 m Tiefe besteht seinem Pollenbild nach aus warmzeitlichen Schichten. Um welche Warmzeit es sich handelt, konnte nicht zweifelsfrei festgelegt werden, obgleich manches für die Mindel-Riß-Warmzeit spricht. Von einer Nachuntersuchung erwartete man folgendes:

1. Aufstellung eines durch hohe Pollenzahlen sicher fundierten Pollendiagrammes. Dabei soll die Effektivität der beschriebenen Anreicherungsmethode erprobt werden.
2. Klärung der Frage, ob Pterocarya in merklichen absoluten Anteilen in diesem Abschnitt vorhanden ist. (Bei der 1. Untersuchung waren 3 Pollenkörner von Pterocarya gefunden worden.)
3. Eventuell weitere Anhaltspunkte zur zeitlichen Einordnung.

B. Untersuchungsmethode

Bei den fraglichen Sedimenten handelt es sich um gebänderte Schluffe und Tone. Das zur Aufbereitung verwendete Material (durchschnittlich 75 g) wurde ungefähr 5 cm langen Kernstücken entnommen; eine Schichtdicke von 1 cm hätte bei dem gegebenen Kerndurchmesser nicht genügend Material ergeben. Die für die einzelnen Tiefen angegebenen Spektren sind also genau genommen Sammelspektren für etwa 5 cm lange Kernstücke. Als Trennflüssigkeit wurde neben Thouletscher Lösung in einigen Fällen auch Zinkchlorid-Lösung verwendet. Der Prozentberechnung liegt die Summe von Baum- und Nichtbaumpollen = 100 zugrunde.

C. Untersuchungsergebnisse

Die Anreicherung von Pollenmaterial durch Flotation gelang fast durchweg sehr gut. Insgesamt 5800 PK wurden für 17 Spektren ausgezählt, dabei wurde in der Regel gar nicht der gesamte Pollengehalt einer Probe ausgewertet.

Während FILZER den ausgezeichneten Erhaltungszustand des Pollens in diesem Abschnitt hervorhebt, zeigen bei der Nachuntersuchung viele Pollenkörner mehr oder weniger ausgeprägte Anzeichen von Korrosion. Gut erhalten ist nur der Pollen von Pinus und Tilia und, mit Einschränkungen, Carpinus. Der restliche Laubholzpollen ist überwiegend stark korrodiert. Überraschenderweise sind auch Picea und Abies nur mäßig erhalten, vor allem die Fragmentation ist erheblich (50 - 65 % der Pollenkörner). Als Gründe dafür kommen in Frage: 1. Das Kernmaterial war bei der Nachuntersuchung ungefähr 2 $\frac{1}{2}$ Jahre alt und völlig ausgetrocknet. 2. Die mechanische Beanspruchung ist bei der Flotationsmethode größer als bei der üblichen Aufbereitung. Offenbar überstehen die relativ kleinen Pollenkörner von Pinus den Trennungsvorgang unbeschädigt, während die großen Luftkammern von Picea und Abies leicht abgerissen werden.

Es gelang nicht, das Vorkommen von Pterocarya mit Sicherheit zu bestätigen. In 4 verschiedenen Proben wurden zwar insgesamt 6 Pollenkörner gefunden, die man eventuell Pterocarya hätte zuschreiben können. Da aber keines eindeutig identifiziert werden konnte und eine Verwechslung mit Alnus oder Carpinus bei dem schlechten Erhaltungszustand nicht auszuschließen war, wurden die fraglichen Pollenkörner dem unkenntlichen Pollenmaterial zugerechnet. Pterocarya ist demnach höchstens sporadisch vertreten.

Überraschend kam das Auftreten von Pollen vom Getreidetyp 39 derartige Pollenkörner wurden in 6 verschiedenen Proben gefunden. Sie unterscheiden sich in Form und Größe deutlich vom übrigen Gramineenpollen; ihr größter Durchmesser liegt zwischen 54 und 59 µm, ihr Porendurchmesser zwischen 3 und 4 µm. Damit entsprechen sie den Forderungen, die man an Pollenkörner vom Getreidetyp stellt (s.S.29). Solche Funde von Pollenkörnern vom Getreidetyp in Horizonten, in denen man sie auf Grund der Stratigraphie nicht erwartet, wurden verschiedentlich gemacht. Wie bereits erwähnt, stellte STRAKA (1952) ihr vereinzeltes Auftreten in spät- und frühpostglazialen Proben der Vulkaneifel fest. Bei der Diskussion seiner Ergebnisse weist er auf entsprechende spätglaziale Funde von FIRBAS et al. (1948) in den Vogesen und auf weitere Angaben von FIRBAS (1949) hin. Unter Bezug auf FIRBAS (1937) und andere Autoren kommt STRAKA zu der Hypothese: "Die "Getreidetypen" stammen von polyploiden Wildgräsern." Diese Erklärung trifft vermutlich auch für unseren Fall zu. Zu erwähnen ist noch, daß sämtliche in den Proben der Kernbohrung Wurzacher Becken 1 gefundenen Pollenkörner vom Getreidetyp ihrer länglichen Form und der Lage ihrer Pore nach auffallend dem Pollen von Secale cereale gleichen. Es muß dahingestellt bleiben, ob diese Pollenkörner von einem Wildhafer oder von einem anderen Wildgras stammen, dessen polyploide Form derartige charakteristische Pollenkörner aufweist. BEUG (1961) führt allerdings keine Wildgräser mit Pollen vom Secale-Typ an.

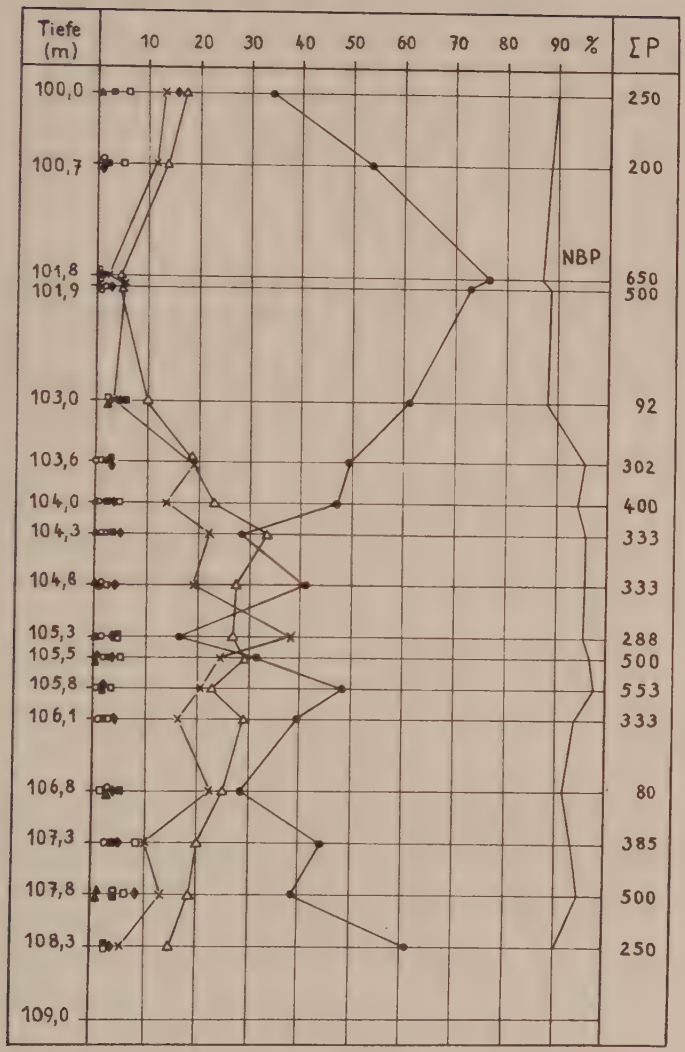


Abb.48. Pollendiagramm aus 100 - 108,3 m Tiefe.

In Abb. 48 ist das Pollendiagramm der Nachuntersuchung dargestellt. Vergleicht man es mit dem Diagramm von FILZER, so zeigen sich merkliche Unterschiede. Besonders auffällig ist das Fehlen einer länger anhaltenden Abies-Dominanz. Die Tannen-Kurve steigt zwar von einem niedrigen Ausgangswert in der tiefsten Lage (5,2 % in 108,3 m) ziemlich gleichmäßig zu einem alle anderen Baumarten übertreffenden Maximum an (38,2 % in 105,3 m), sie kann aber diese Position nicht halten, sondern beginnt sofort den Abstieg, der etwa spiegelbildlich zum Aufstieg verläuft und bei 101,8 m mit 2,0 % den geringsten Wert überhaupt hat. Ab hier ist bis zum Ende des Diagramms bei 100,0 m wieder ein leichter Anstieg zu verzeichnen, der in gleicher Lage auch im Diagramm von FILZER auftritt. Auffallend gleichartig, über große Abschnitte hinweg fast parallel zu Abies verläuft die Kurve von Picea. Sie bringt es in 104,3 m mit 33,5 % zu einer ebenfalls nur einmaligen Vorherrschaft. Ihre Werte liegen gewöhnlich 5 - 10 % über denen von Abies. Beherrscht wird das Diagramm mit Ausnahme des Abschnittes zwischen 105,8 und 104,0 m von Pinus. Im Anfangsteil ist diese Vormachtstellung nicht unumschränkt, Tanne und Fichte sind bald kräftig vertreten. Im oberen Diagrammteil ist die Kieferndominanz dann eindeutig, obgleich die Werte gegen Ende des Diagramms nach dem Maximum von 76,5 % bei 101,8 m wieder abnehmen. Das von FILZER in diesem Bereich festgestellte Wechselspiel zwischen Kiefer und Fichte, das er aber wegen der geringen Pollenfrequenzen ausdrücklich als nicht gesichert bezeichnet, konnte nicht bestätigt werden.

Laubholzpollen tritt mit ungefähr gleichbleibenden, ziemlich geringen Anteilen in sämtlichen Spektren auf, nur Corylus übertrifft einmal 10 %. Insgesamt dürfte der Laubholzanteil etwas größer sein als im Diagramm von FILZER. Zu erwähnen ist der Eichenmischwald, dessen Kurve nur einmal (bei 101,9 m) unterbrochen ist und der in den übrigen Spektren Anteile zwischen 0,8 und 5,4 % hat. Am EMW ist auffallenderweise zu 90 % die Linde beteiligt, Eiche und Ulme treten stark, Esche fast völlig zurück. Zu geschlossenen Kurven von annähernd gleicher Bedeutung bringen es Alnus und Corylus; diesen gegenüber fällt Betula deutlich ab. Von Fagus fanden sich

insgesamt 11, von Carpinus 19 Pollenkörner.

Der Nichtbaumpollen-Anteil bewegt sich ungefähr in gleicher Höhe wie im Vergleichsdiagramm. Als Besonderheit wurde schon das Vorkommen von Pollen vom Getreidetyp angeführt. Erwähnenswert ist der Anstieg des Cyperaceenpollens in 101,8 und 101,9 m auf über 6 %.

D. Diskussion

Das Diagramm der Nachuntersuchung weicht in mancher Hinsicht von dem Diagramm von FILZER ab. Übereinstimmung besteht zwar in der Vorherrschaft des Nadelholzpollens, in dem Zurücktreten der Laubgehölze und in der Höhe des NBP-Anteils, außerdem weist die Pollenausstattung beider Diagramme auf warmzeitliche Sedimente hin, würde man aber an Hand des Kurvenverlaufs die Waldentwicklung beschreiben, so käme man zu verschiedenen Ergebnissen. Daß die beiden Diagramme in den Bereichen zwischen 100 und 103 m bzw. 106 und 109 m Tiefe voneinander abweichen, läßt sich mit den verschieden großen Pollensummen erklären, die den jeweiligen Prozentzahlen zu Grunde liegen. Da bei der Nachuntersuchung dank des Anreicherungsverfahrens wesentlich mehr Pollenkörner ausgezählt werden konnten, als dies FILZER in den genannten Abschnitten möglich war, sind ihre Ergebnisse statistisch besser gesichert. Eine solche Erklärung befriedigt dagegen für den Mittelabschnitt (103 - 106 m) nicht, denn hier beruhen die hohen Abies-Werte (bis 80 %) im Diagramm von FILZER ebenfalls auf relativ großen Pollensummen (Σ P meist über 100). Ob die vergleichsweise geringe Abies-Beteiligung im Diagramm der Nachuntersuchung mit der starken Beanspruchung bei dem verwendeten Aufbereitungsverfahren zusammenhängt oder ob nicht doch, entgegen der S.82 geäußerten Annahme, die Flotationsmethode manchmal die wirklichen Verhältnisse nicht richtig wiedergibt, muß offen bleiben. Am besten ließen sich die Unterschiede mit der Annahme interpretieren, daß es sich um Sekundärpollen handelt. Diese Annahme scheint zwar zunächst nicht ganz abwegig, traf doch FILZER in dem Profil der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 bereits

zwischen 95 und 97 m offenbar umgelagertes Pollenmaterial an (Nadelholzfragmente von Pinus, Picea und vereinzelt Abies), hat aber angesichts des von FILZER festgestellten ausgezeichneten Erhaltungszustandes des Pollens, gerade auch von Abies, nur sehr geringe Wahrscheinlichkeit.

Wie erwähnt, konnte die Anwesenheit von Pterocarya nicht erneut belegt, allerdings auch nicht völlig ausgeschlossen werden. Damit sind wir in der Frage der postulierten Wurzacher Abies-Pterocarya-Zeit nicht weitergekommen; es erscheint sogar ungewiß, ob man von einem derartigen Zeitabschnitt überhaupt sprechen kann. Daher können sich Versuche, die fraglichen Schichten absolut zeitlich einzuordnen oder sie mit warmzeitlichen Schichten der Kern-Bohrung Ur-Federsee 2 (GERMAN et al. 1967) zu parallelisieren - dort waren in den tiefsten Lagen ansehnliche Mengen von Pterocarya-Pollen angetroffen worden -, bislang kaum auf das Vorkommen oder Fehlen von Pterocarya stützen. Aus der Darstellung von FILZER (in GERMAN et al. 1968) geht überdies hervor, wie wenig eindeutig die Zusammenhänge zwischen Pterocarya, Abies und vorletzter Warmzeit noch sind. Vielleicht liefert eine eventuelle Nachbohrung im Wurzacher Becken neues Material. Bei der Besprechung der Ergebnisse von Alttann wird nochmals auf die Frage der Zeitstellung dieser warmzeitlichen Schichten eingegangen.

III. Alttanner Gesteinsserie

A. Problemstellung

Eine weitere Gelegenheit, die Wirksamkeit der Anreicherungsmethode zu erproben, bot eine pollenanalytische Untersuchung der "Alttanner Gesteinsserie". Dieser von GERMAN (1950, 1959) nach einem Vorkommen im Tal der Wolfegger Ach in der Nähe von Alttann (württ.Oberschwaben) so bezeichnete Schichtenverband liegt unter hochwürmzeitlichen Ablagerungen. Infolge eines Hangrutsches ist ein großer Teil dieses Schichtenverbandes auf der westlichen Seite des Achtals bei der Neumühle in einer Höhenlage von etwa 600 - 630 m NN besonders gut aufgeschlossen. GERMAN nahm hier 1966 mit Studenten der Universität Tübingen folgendes Profil in der Alttanner Gesteinsserie auf:[1)]

"Hangend grobe Nagelfluh mit Geröllen bis 12 cm Ø

- 10 cm Grobsand, mit Kalk verbacken
- 40 Mittelsand
- 45 Feinsand
- 60 Sand mit Kies, Korngröße von unten (Feinkies) nach oben (Mittelsand) abnehmend; an der Unterkante der Schicht Wasseraustritte
- 68 sandig-toniger Schluff, fest geschichtet (Grundwasserhorizont)
- 308 Schluff mit eingelagertem Kies und Blöcken bis 20 cm Ø. In den obersten 40 - 60 cm deutliche Verarmung an Blöcken.
- 330 Mittelsand mit Schlufflagen
- 331 Kalkkonkretionen
- 354 Mittelsand
- 514 Sand und Schotter, gerundet, kantengerundete Blöcke bis 15 cm Ø
- 627 Mittelsand, gut gewaschen (glazifluvial?)
- 667 sandiger Kies mit Schottern bis 20 cm Ø und Grobblockpackung, tlw. kantig

---

[1)] Für die Überlassung des Profils und für Hinweise zur Geologie der Alttanner Gesteinsserie bin ich Herrn Prof.Dr. R.GERMAN vom Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen zu Dank verpflichtet.

- 757 cm Feinsand mit zwei nach Norden auskeilenden Mittelsandlinsen
- 813 wasserhaltiger Sand, glimmerhaltig, verschiedene Lagen mit gröberem und feinerem Sand, feine Rippelmarken, Wasseraustritte
- 822 feingeschichteter Schluff mit einzelnen kantengerundeten Kiesstücken
- 827 Sand und Feinkies, gut gerundet,
- 834 Sand, leicht geschichtet mit Schlufflagen
- 835 Kieslage, leicht gerundet
- 854 wiederholte Wechsellagerung von Sand- und Schlufflagen mit einzelnen eingelagerten Kiesstücken (Feinkies)
- 862 glimmerhaltiger Sand
- 866 schwach geschichteter Schluff mit eingelagerten kantengerundeten Kiesstücken
- 868 schluffiger Grobsand mit Feinkies
- 876 grauer, glimmerhaltiger Sand von unten nach oben feinkörniger
- 908 schluffiger Sand mit viel Kies bis 1 cm Ø, häufige Wechsellagerung sandiger und schluffiger Schichten
- 909 Kies mit großen Konkretionen
- 932 grauer, glimmerhaltiger Sand
- 1218 schluffiger Feinsand, undeutlich geschichtet mit einzelnen 1 cm breiten Rostbändern; häufige Wechsellagerung Sand/Schluff
- 1225 schluffiger Sand mit Kiesstücken bis 3 cm Ø
- 1237 Mittel- und Feinsand
- 1407 fest gepackter Schluff mit Sand und Kiesstücken bis 10 cm Ø
- 1427 Sand und Schluff stark verknetet, eingeschaltet schluffige Linse mit Kiesstücken
- 1428 Band mit Konkretionen aus Kalk
- 1453 Mittel- und Grobsand
- 1460 toniger Schluff
- 1465 Mittelsand
- 1468 toniger Schluff
- 1478 Mittel- und Feinsand
- 1618 Grobsand mit Kies bis 10 cm Ø, meist gerundet, nur einige kantige Stücke

- 1673 cm Mittelsand mit einzelnen Geröllen
- 1993 Sand und Kies mit Geröllen bis 5 cm Ø, der unterste Meter ist überdeckt mit Hangschutt
- 2068 Mittelsand
- 2088 Schluff
- 2208 Mittelsand mit braunen Rostbändern
- 2708 Sand und Kies mit einem Sandband
- 3000 nicht aufgegraben; Wasserspiegel der Wolfegger Ach."

Im Verlauf dieser Profilaufnahme entnahm GERMAN eine Reihe von Proben, die FILZER nach der Flußsäuremethode aufbereitete und pollenanalytisch untersuchte. Die Mehrzahl der Proben erwies sich als annähernd oder vollständig pollenfrei. Das Polleninventar der pollenführenden Proben legte eine Einteilung des Profils in 3 Pollenzonen nahe: Die obere Pollenzone (310 - 537 cm) weist auf eine Interstadialzeit hin, die mittlere (817 - 972 cm) auf eine Warmzeit, die untere (1317 - 1562 cm) hat wieder interstadialen Charakter. Die Interstadialzeiten sind durch wechselnde Anteile von Kiefer und Fichte charakterisiert, die Warmzeit trat in 872 cm Tiefe mit 41,9 % EMW-Anteilen am deutlichsten in Erscheinung.

Vor allem um Klarheit über den genauen Vegetationsablauf der Warmzeit zu bekommen, wurde im Herbst 1966 eine zweite Probenserie entnommen. Die Proben aus der mittleren Zone waren aber diesmal fast vollständig pollenleer, der warmzeitliche Abschnitt fand sich nicht wieder. Damit wurde deutlich, daß dem geringen Pollengehalt der Alttanner Gesteinsserie mit der Flußsäuremethode allein kaum beizukommen ist. Neue Befunde waren nur von der Anwendung eines pollenanreichernden Verfahrens zu erwarten. Im August 1968 wurde die Abrutschstelle von FILZER und vom Verfasser erneut zur Entnahme von Proben aufgesucht.

B. Untersuchungsmethode

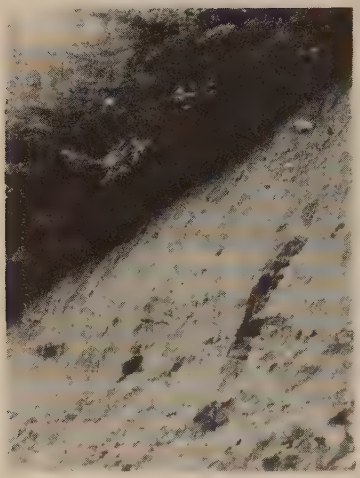


Abb.49. Entnahmestellen zwischen 6,7 und 8,1 m.

Zur Gewinnung der Proben wurden stufenförmige Einschläge gemacht, so konnte das Probenmaterial (jeweils 100 - 200 g) aus einer Tiefe von 20 - 30 cm unter der heutigen Hangoberfläche herausgeholt werden. Der senkrechte Probenabstand betrug i.a. 10 cm. Abb. 49 zeigt einen Teil der Entnahmestellen. Die Aufbereitung der Proben erfolgte nach der beschriebenen Anreicherungsmethode. Als Trennflüssigkeit diente fast ausschließlich Thouletsche Lösung, da sich Zinkchlorid-Lösung als nicht wirksam genug herausgestellt hatte. Die Prozentwerte sind auf die Summe von Baum- und Nichtbaumpollen = 100 bezogen.

C. Untersuchungsergebnisse

1. Probenserie vom 9.8. 1968

Die oberste Probe stammt aus einer Sandlage 20 cm unterhalb der Null-Linie, eine weitere wurde der sandig-tonigen Schlufflage in 60 - 70 cm Tiefe entnommen. In letzterer liegt nach der Profilaufnahme von GERMAN ein Grundwasserhorizont; er hebt sich in Abb.50 als heller Streifen gegen die darüber liegenden dunkleren Sandlagen ab. Tab. 12 zeigt die Spektren dieser beiden Proben:

Tiefe (cm)	Pin	Pic	Ab	Bet	Que	Ulm	Frx	EMW	Fag	Carp	Cor	NBP	ΣP
20	22,3	10,7	1,0	9,7	2,9	1,0	1,9	5,8	5,8	9,7	4,9	30,1	103
60-70	88,6	2,8	2,8	0,4	0,2	-	-	0,2	-	0,6	0,4	4,2	500

Tab. 12. Alttanner Gesteinsserie. Spektren aus dem obersten Profilabschnitt.

Die Probe aus dem Bereich des Grundwasserhorizontes ist auffallend pollenreich. Ihr Spektrum läßt sich auf Grund der ausgeprägten Kiefern-dominanz zwanglos an die von FILZER festgestellte obere Interstadialzeit anschließen. Die Probe aus 20 cm Tiefe überrascht durch einen hohen NBP- und Laubholzanteil. Eine Deutung dieses Spektrums war zunächst nicht möglich.

Abb.50. Alttanner Gesteinsserie.Oberster Profilabschnitt

Aus dem Abschnitt zwischen 670 und 1000 cm Tiefe, der die von FILZER in der 1. Untersuchung angetroffene warmzeitliche Pollenzone (817 - 972 cm) einschließt, wurden rund 30 Proben entnommen. Aber wie bei der von FILZER durchgeführten 2. Untersuchung, so entzog sich auch diesmal die EMW-reiche warme Waldzeit der Feststellung. Stattdessen tritt die Hainbuche in 3 Spektren aus der oberen Hälfte (670 - 810 cm) dieses Abschnittes mit Werten zwischen 39 und 53 % auf. Das Bild der übrigen Spektren dieser oberen Hälfte wird bei NBP-Werten zwischen 10 und 50 % von Kiefer und Fichte geprägt. Die Birke übertrifft zweimal 10 %, die Hasel erreicht einmal 9,9 %, EMW und

Erle bewegen sich zwischen 0 und 7,3 %, sporadisch finden sich Pollenkörner der Rotbuche und der Tanne. Die Proben waren pollenarm, nur zweimal konnten mehr als 100 Pollenkörner ausgezählt werden.

Die Spektren aus der unteren Hälfte (820 - 1000 cm) dieses Abschnittes zeigen eine sehr einheitliche Zusammensetzung: Kiefer und Fichte in der Regel zwischen 20 und 40 %, Tanne mit einer Ausnahme zwischen 10 und 25 %, Laubholzanteil unter 10 %. Der Nichtbaumpollen macht einmal 41 %, sonst 10 - 20 % der Gesamtpollensumme aus. Die Proben waren pollenreicher als die der oberen Hälfte.

Was für Schlüsse kann man aus den Ergebnissen dieser Nachuntersuchung ziehen? Insgesamt gesehen gelang es nicht, den Ablauf der fraglichen Warmzeit innerhalb der Alttanner Gesteinsserie aufzuklären. Die neu ermittelten Befunde (Auftreten von Carpinus und Abies, Fehlen größerer EMW-Anteile) machen im Gegenteil das Bild noch unübersichtlicher und lassen sich mit den bisherigen nur schlecht in Einklang bringen. So fällt es schwer, irgendeine einleuchtende Hypothese über die Vegetationsentwicklung aufzustellen. Um nicht mit dieser unbefriedigenden Feststellung das Kapitel Alttann abschließen zu müssen, wurde im Mai 1969 eine vorläufig letzte Probenserie entnommen.

2. Probenserie vom 30.5.1969

Diesmal wurden dem Profilabschnitt zwischen 670 und 1120 cm Tiefe etwa 40 Proben entnommen. Da u.a. das Carpinus-Vorkommen nachgeprüft werden sollte, wurde zur Probenentnahme die gleiche Stelle wie im Vorjahr aufgesucht. Dennoch wurde die Hainbuche bei der anschließenden Untersuchung in den Lagen, in denen sie im Jahr zuvor mit insgesamt 76 Pollenkörnern vertreten war, überhaupt nicht und in den übrigen nur sporadisch angetroffen. Ebenso erfolglos blieb die erneute Suche nach hohen EMW-Anteilen. Dagegen konnten die im Vorjahr unterhalb von 810 cm Tiefe beobachteten Verhältnisse bestätigt werden: Überwiegen von Kiefer bzw. Fichte, kräftige Be-

teiligung der Tanne; NBP-Werte selten über 20 %; größere Pollendichten als in den oberen Lagen.

D. Diskussion

1. Aufstellung des Diagrammes

Wie kann man die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen, die sich zum Teil widersprechen, zum Teil aber auch übereinstimmen, auf einen gemeinsamen Nenner bringen? Eine befriedigende Erklärung der komplizierten Verhältnisse ist nur mit Hilfe einer Annahme möglich, die sich vor allem nach den Ergebnissen der letztuntersuchten Probenserie 1969 anbot. Diese Annahme besagt: Der Pollengehalt der untersuchten Proben setzt sich aus mindestens 2 verschieden alten Anteilen zusammen. Der ältere, fossile Anteil datiert aus der Zeit der Ablagerung der Alttanner Gesteinsserie bzw. aus einer noch früheren Zeit, falls es sich um umgelagertes Pollenmaterial handelt. Der jüngere, rezente Anteil stammt aus der jüngsten Vergangenheit, vielleicht überwiegend aus der Zeit nach dem Hangrutsch und wurde von der heutigen Oberfläche aus eingeschwemmt. (Da die Kiese, Sande und Schluffe des Profils das Wasser leicht eindringen lassen, erscheint eine zumindest oberflächliche Pollenausstattung durch pollenführendes Sickerwasser nicht ausgeschlossen. Das Fehlen einer Humus- bzw. Rohhumusdecke auf dem Hangrutsch könnte diesen Vorgang begünstigen.)

Auf die Erscheinung, daß sich gerade in mineralischen Sedimenten und Böden verschiedenaltriger Pollen überlagern kann, wird in der Literatur immer wieder hingewiesen, oft in Zusammenhang mit dem Problem "Pollen auf sekundärer Lagerstätte" (u.a. IVERSEN 1936, FIRBAS 1949, S. 30/31, STRAKA 1952, THOMSON 1952, FRIES & ROSS 1954, DIMBLEBY 1957, GODWIN 1958, neuere Lit. zitiert in Fortschr. d. Bot. 20, S. 82, 1958 und 24, S. 103, 1962). Besonders wichtig ist die Frage, wie sich älterer Pollen von jüngerem unterscheiden läßt. Es gibt dazu eine Reihe von Vorschlägen (z.B. IVERSEN 1936, GIJZEL 1961, weitere Lit. in Fortschr. d. Bot. 24,

S. 103, 1962), die aber nicht immer anwendbar sind. In unserem Fall mußte der Grad der Pollenerhaltung herangezogen werden, der allerdings nur eine grobe Trennung erlaubt.

Abschnitt zwischen 670 und 810 cm: Der größte Teil des hier relativ häufig angetroffenen Laubholzpollens muß als rezent betrachtet werden, das gilt besonders für Acer, Carpinus, Fagus, Fraxinus und Quercus. Corylus ist sowohl mit vollkommen unversehrten als auch mit stark korrodierten Pollenkörnern vertreten. Die Pollenkörner von Betula und Alnus erscheinen deutlich fossil. Unter dem Nadelholzpllen dürfte der Pollen der Tanne durchweg fossil sein, Pinus und Picea sind offenbar ebenfalls mit einigen rezenten Pollenkörnern vorhanden.

Die Mehrzahl der als rezent angesehenen Pollenarten läßt sich auf den Baumbestand der nächsten Umgebung zurückführen. (Dieser besteht überwiegend aus Fichte und Rotbuche, dazwischen eingestreut sind Eschen und Bergahorn, über der Abrutschstelle stehen zwei Eichen; das Unterholz wird von Hasel und Schwarzerle gebildet.) Für den rezenten Kiefern- und Hainbuchenpollen muß Pollenanflug angenommen werden. Das leuchtet bei dem für Weit- und Ferntransport bekannten Kiefernpollen ohne weiteres ein; bei dem Hainbuchenpollen wird diese Annahme eher auf Grund des für diesen Pollen überraschend guten Erhaltungszustandes nahegelegt. Auffallenderweise treten die als rezent angesehenen Baumpollenkörner vorwiegend in Proben mit niedriger Pollendichte auf. Die Baumpollensumme übertrifft in diesem Abschnitt nur zweimal 50.

Abschnitt zwischen 820 und 1000 bzw. 1120 cm: Wie erwähnt, dominieren hier bei im Vergleich zu den Lagen darüber erhöhten Pollenfrequenzen Pinus, Picea und Abies. Dieser Nadelholzpollen muß seinem Erhaltungszustand nach fast ausschließlich als fossil betrachtet werden. Alnus, Betula, Carpinus, Corylus, Quercus und Tilia kommen meist nur mit wenigen, überwiegend stark korrodierten Pollenkörnern vor. Sporadisch auftretende Pollenkörner von Fagus und Acer sind sicher ebenso rezent wie die 4 ausgezeichnet erhaltenen Pollenkörner von Juglans, die in der Probenserie von 1969 gefunden wurden.

Vermutlich handelt es sich bei dem Laubholzpollen der Probe aus 20 cm Tiefe in der Mehrzahl ebenfalls um eingeschwemmten, rezenten Pollen. Diese Annahme dürfte auch auf den Laubholzpollen in der von FILZER festgestellten mittleren Pollenzone (817 - 972 cm) zutreffen.

Wir fassen zusammen: Will man sich mit einiger Sicherheit auf den Gehalt an fossilem Baumpollen beschränken, so ist es notwendig, Spektren mit kleiner Pollensumme und überwältigendem Anteil von gut erhaltenem Laubholzpollen zu eliminieren. Man muß zwar damit rechnen, daß auch in den restlichen Spektren einige rezente Pollenkörner dabei sein können, da sie aber bei großen Pollensummen die Prozentzahlen nur wenig verfälschen, kann man sie vernachlässigen.

Fast unmöglich ist es dagegen, fossilen Nichtbaumpollen von rezentem zu trennen. Der Großteil des Nichtbaumpollens wird von Gramineen gestellt; unter diesen ist auch der Getreidetyp und zwar wiederum die Secale-Form mit 18 PK vorhanden. Einige Bedeutung haben Plantago, Chenopodiaceen und Compositen (u.a. Artemisia und Centaurea cyanus). Mit sehr geringen Anteilen wurden Caryophyllaceen, Umbelliferen, Cyperaceen, Campanulaceen, Rosaceen (darunter Sanguisorba minor) und Helianthemum angetroffen. Ein Teil dieses NBP-Materials ist sehr wahrscheinlich rezent; diese Annahme dürfte besonders auf den Pollen der windblütigen Arten zutreffen, der vielleicht überwiegend von den waldfreien Flächen über dem Hangrutsch herangeweht wurde. Da also vermutlich rezente und fossile NBP-Körner nebeneinander in den Spektren auftreten, ist eine Interpretation des Verhaltens der einzelnen NBP-Arten ausgeschlossen. Bei der Besprechung des Diagrammes wird nicht näher auf sie eingegangen.

Mit der Annahme, daß ein Teil des Pollenmaterials rezent ist, lassen sich die z.T. beträchtlich voneinander abweichenden Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Probenserien einleuchtend erklären. Die Verteilung der rezenten Pollenkörner über das Profil ist rein zufällig, so daß selbst benachbarte Proben sehr unter-

schiedliche Spektren zeigen können. Der absolute Anteil an rezentem Pollen hängt vermutlich auch davon ab, ob die Proben mehr oder weniger tief unter der Hangoberfläche entnommen wurden.

Das Diagramm der Abb. 51 (S. 101) gibt die mutmaßliche Zusammensetzung des fossilen Pollengehaltes der Schichten zwischen 670 und 1120 cm wieder. Es entstand aus der Kombination von Spektren der Probenserien von 1968 und 1969, die nach den angeführten Kriterien ausgewählt wurden.

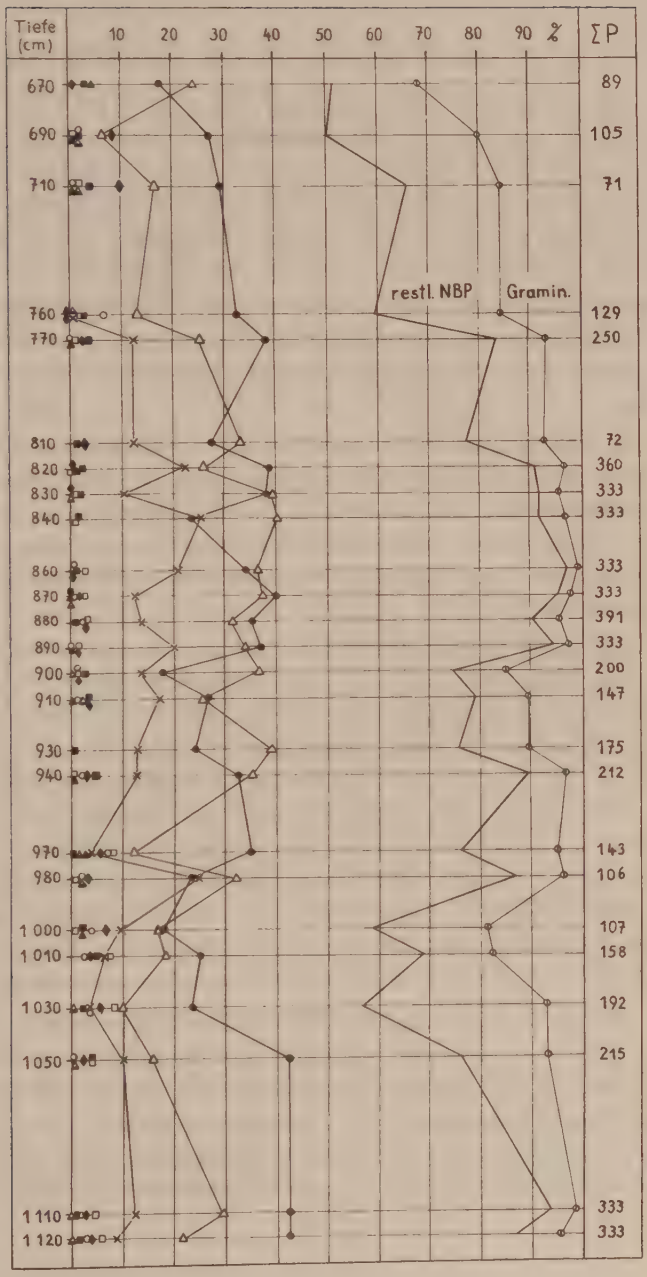


Abb.51. Pollendiagramm aus 6,7-11,2 m Tiefe.

2. Interpretation des Diagrammes

Das Pollenbild der einzelnen Spektren ist in dem hier dargestellten Bereich, der sich über 4,5 m Profillänge erstreckt, auffallend einheitlich. Beherrscht wird das Diagramm vom Nadelholzpollen. Die aus sämtlichen Spektren errechneten Durchschnittswerte (Pinus 32 %, Picea 28 %, Abies 13 %) geben den allgemeinen Eindruck vom Kurvenverlauf dieser 3 Baumarten gut wieder. Der Laubholzpollen tritt fast völlig zurück. Eine charakteristische Vegetationsentwicklung läßt sich - abgesehen vom Rückgang und Verschwinden der Tanne nach oben hin - aus dem Diagramm nicht ablesen.

Es stellt sich die Frage, ob das vorliegende Pollenmaterial primärer oder sekundärer Natur ist. Im ersten Fall müßte es von Baumbeständen der näheren oder weiteren Umgebung zur Zeit der Sedimentation der Gesteinsserie stammen. Im zweiten Fall müßte es sich um sekundär umgelagertes Pollenmaterial aus einem früheren Zeitraum handeln.

Von einem Diagramm mit Primärpollen erwartet man, daß es einen während der Sedimentationszeit möglichen Wandel im Baumbestand der Umgebung widerspiegelt. Was Pinus und Picea betrifft, so zeigen sie keine auffallenden Tendenzen in ihrem Kurvenverlauf, lediglich Abies ist charakterisiert durch den erwähnten Abfall auf 0 % im oberen Teil des Diagrammes. Demnach hätte sich das Waldbild während der Ablagerung des untersuchten Profilabschnittes nur wenig geändert; Rückgang und Verschwinden der Tanne würden immerhin auf eine Abnahme der Temperatur bzw. eine Zunahme der Kontinentalität des Klimas deuten. Eine solche Vegetations- und Klimaentwicklung ist für die Spätphase einer Warmzeit kennzeichnend.

Sofern es sich um primäres Pollenmaterial handeln sollte, müßte in dieser Phase einer abklingenden Warmzeit eine sehr intensive Sedimentation mineralischen Materials, z. T. mit grobem Korn stattgefunden haben. Das ist - jedenfalls regional - nicht wahrscheinlich, sondern wäre nur dann verständlich, wenn es sich bei der Alttanner Gesteinsserie um den Schuttfächer eines in das damalige

Wurzacher Becken einmündenden Flusses handeln würde.

Eine Alternative hierzu ist die Annahme, daß die Ablagerung der Alttanner Gesteinsserie im Verlauf einer Kaltzeit, etwa in Form eines Schmelzwassersediments (vgl. GERMAN 1970) während einer Abschmelzphase erfolgt wäre. In diesem Fall würde es sich angesichts des oben begründeten spätwarmzeitlichen Charakters des Pollenmaterials um Sekundärpollen handeln.

Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten ist von der Pollenanalyse her nicht zu treffen, immerhin weist die noch zu besprechende Beimengung von präquartärem (oberkretazischem) Pollen mehr in die Richtung der zweiten Annahme.

Im einen wie im andern Fall stellt sich die Frage, welche der verschiedenen Warmzeiten das angetroffene Pollenmaterial repräsentiert. Wir wollen in dieser Frage zunächst davon ausgehen, daß die Überlagerung der Alttanner Gesteinsserie mit hochwürmzeitlichen Ablagerungen für ein rißzeitliches Alter der Serie sprechen könnte. Dann ist anzunehmen, daß das Pollenmaterial der vorletzten Warmzeit, also einer Spätphase der Mindel-Riß-Warmzeit entstammte. Was läßt sich zur weiteren Begründung dieser Annahme anführen? Wir hatten weiter oben die Pollenverhältnisse aus 100-109 m Tiefe der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 (DFG), deren Bohrpunkt rund 7 km nordöstlich der Abrutschstelle bei Alttann liegt, besprochen. Vergleicht man das Diagramm der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 in dem genannten Abschnitt (Abb. 48, S. 87) mit dem Diagramm der Alttanner Gesteinsserie (Abb. 51, S. 101), so findet man weitgehende Übereinstimmung:

1. Vorherrschaft des Pollens von Pinus, Picea und Abies.
2. Alnus, Carpinus, Corylus und Betula sind schwach vertreten.
3. Geringe EMW-Anteile; die Linde stellt den größten Teil dieses Pollens.
4. Gramineenpollen vom Getreidetyp und zwar die Secale-Form.

Demgegenüber fallen die Unterschiede - im Diagramm von Alttann sind die NBP-Werte, vielleicht infolge beigemengter rezenter Nicht-

baumpollenkörner größer, die Kiefernwerte dagegen i.a. kleiner als im Diagramm der Kernbohrung Wurzacher Becken 1 - weniger ins Gewicht. Es ist also denkbar, daß das Pollenmaterial beider Diagramme aus der gleichen Warmzeit stammt. Nach den Lagebeziehungen im Profil kann die Vegetationsfolge in 100 - 109 m Tiefe der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 nicht dem letzten Interglazial angehören, sondern muß einer vorausgehenden Warmzeit, wohl der Mindel-Riß-Warmzeit zugeordnet werden (GERMAN et al. 1968).

Obschon Zeitgleichheit der alpinen Mindel-Riß-Interglazialzeit und der nordischen Holstein-Warmzeit nicht verbürgt ist, zeigt ein Blick auf die holsteinzeitlichen Vegetationsverhältnisse in NW-Mitteleuropa ebenfalls ein nicht geringers Maß an Übereinstimmung mit jenen der genannten Sedimente der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 und der Alttanner Gesteinsserie. In einer Gliederung der pleistozänen, warmzeitlichen Vegetationsgeschichte Nordwest-Mitteleuropas beschreibt FRENZEL (1967, S. 8) eine der Spätphasen der Holstein-Warmzeit wie folgt: "Kiefern-Fichten-Wälder, Erlen-Auen-Wälder und weit verbreitete Tannen-Hainbuchen-Wälder." Die Nadelhölzer dieser Zeit - Kiefer, Fichte und Tanne - sind in den beiden Diagrammen reichlich vertreten. Auch die Erle kommt in fast allen Spektren vor, manchmal übertrifft sie sogar die Tanne. Größere Bestände können ihre Werte jedoch nicht repräsentieren. Die Hainbuche ist allerdings in beiden Diagrammen nahezu bedeutungslos. Eine Erklärung für diese geringe Beteiligung der Hainbuche ließe sich für die Alttanner Gesteinsserie finden. Sollte es sich hier wirklich um Sekundärpollen handeln, so wäre zu vermuten, daß der Hainbuchenpollen die Umlagerung wesentlich schlechter überstanden hat als der widerstandsfähigere Koniferenpollen. Die Hainbuche wäre dann infolge von Zersetzungsauslese stark unterrepräsentiert.

Das restliche Pollenmaterial könnte, sofern es sich im Fall der Alttanner Gesteinsserie nicht um rezenten Pollen handelt, der mittleren Phase der Mindel-Riß-Warmzeit zugeordnet werden. In der entsprechenden Phase der Holstein-Warmzeit hatten nach FRENZEL (1967) Eichen-Ulmen-Wälder mit wenig Linde und Hasel einen geringen Anteil am Waldbestand.

Sehen wir von der zunächst in Rechnung gestellten Annahme, daß es sich bei der Alttanner Gesteinsserie um rißzeitliche Ablagerungen handeln könnte,ab,so müssen wir weitere Interpretationsmöglichkeiten ins Auge fassen. Da sowohl primäre Pollenführung - was eine Ablagerung des untersuchten Abschnittes der Alttanner Gesteinsserie in der Spätphase einer Warmzeit bedeuten würde - als auch würmzeitliches Alter der Gesteinsserie nicht mit Sicherheit auszuschließen sind, könnte das Pollenmaterial der Alttanner Gesteinsserie auch der Riß-Würm-Warmzeit entstammen. Eine Entscheidung, welcher der beiden letzten Warmzeiten das Pollenmaterial - sei es primärer oder sekundärer Natur - zuzuordnen ist, läßt sich eben an Hand des aufgestellten Pollendiagrammes allein nicht treffen. Streng genommen bleibt sogar die Möglichkeit einer noch früheren Warmzeit, da die von GERMAN 1950 und 1959 ausgesprochene Vermutung, daß die Alttanner Gesteinsserie nicht älter als rißzeitlich sei, heute nicht unbedingt mehr aufrecht erhalten werden kann (mündl. Mitteilung GERMAN 1970).

Wägen wir alle erwähnten Möglichkeiten gegeneinander ab, so erscheint folgende Interpretation als wahrscheinlich: Bei dem fossilen Pollenmaterial aus dem untersuchten Abschnitt der Alttanner Gesteinsserie handelt es sich vermutlich um Sekundärpollen. Sein Alter läßt sich nicht zweifelsfrei angeben, doch kommt am ehesten die Mindel-Riß-Warmzeit in Betracht. Die Frage, ob die Alttanner Gesteinsserie in die Würm- oder in die Rißzeit zu stellen ist, könnte indessen auch bei gesichertem mindel-riß-warmzeitlichem Alter des Sekundärpollens nicht eindeutig entschieden werden, da umgelagerter Pollen aus dieser Warmzeit sowohl in riß- als auch in würmzeitlichen Sedimenten auftreten kann. Sehr wahrscheinlich erfolgte aber die Aufarbeitung und Umlagerung des mindel-riß-warmzeitlichen Pollenmaterials bereits in der anschließenden Rißzeit und nicht erst in der Würmzeit.

E. Präquartäre Pollenkörner und Sporen

In den Präparaten der Probenserien von 1968 und 1969 traten immer wieder z.T. stark korrodierte Pollenkörner auf, die nicht identifiziert werden konnten und daher zunächst in die Gruppe der unbekannten Pollenkörner aufgenommen wurden; einige Formen wurden grob skizziert. Ein Artikel von FRIES & ROSS (1954) über präquartäre Pollenkörner und Sporen in spät- und postglazialen Tonen in Bohuslän, SW-Schweden brachte dann den entscheidenden Hinweis. Die dort abgebildeten Beispiele ließen vermuten, daß es sich bei den fraglichen Pollenkörnern der Alttanner Gesteinsserie ebenfalls um solche altertümlichen Pollenformen handeln könnte. Eine Untersuchung noch vorhandener Präparate und des Restmaterials bestätigte diese Vermutung, denn einige der dabei angetroffenen Formen glichen ganz auffallend einigen der von FRIES & ROSS beschriebenen Pollenkörner. Bei dieser Untersuchung fanden sich neben den präquartären Pollenkörnern auch präquartäre Sporen, jeweils rund ein Dutzend. Die am besten erhaltenen Exemplare wurden photographiert (s. Tafeln I und II).

Nach FRIES & ROSS (1954) stammt der umgelagerte präquartäre Pollen von Bohuslän aus der Oberkreide, eventuell auch aus dem Alttertiär. Es lag nahe, die präquartären Sporomorphen der Alttanner Gesteinsserie ebenfalls in diesen Zeitraum einzuordnen. Allerdings schien es wünschenswert, sie genauer zu bestimmen. Dies wurde zunächst an Hand der Beschreibung tertiärer Pollen und Sporen von THOMSON & PFLUG (1953) versucht. Dabei ergab sich, daß die Pollenkörner in die Formgattung Extratriporopollenites n. Gen. (Pf.), Abteilung Brevaxones (Kurzachser) gestellt werden können. Das stratigraphische Verhalten der Extratriporopollenites charakterisieren THOMSON & PFLUG so: "Die Abteilung enthält eine Reihe ausgezeichneter Zeitmarken der Oberkreide und des Alttertiärs." Damit war die ungefähre Altersstellung der Pollenkörner gesichert.

Mit Hilfe der von GÓCZÁN, GROOT, KRUTZSCH & PACLTOVÁ (1967) herausgegebenen Neubeschreibung und Revision der Gattungen des "Stemma Normapolles PFLUG 1953 b" gelang es dann, die Gattungszu-

gehörigkeit einiger Pollenkörner mit einiger Sicherheit festzulegen. Mit der Bitte um eine Nachprüfung der vorgenommenen Bestimmungen wandte sich der Verfasser an W. KRUTZSCH (Berlin). Die von KRUTZSCH durchgeführte Bestimmung bestätigte 3 der Gattungsbestimmungen, eine mußte berichtigt werden. Da KRUTZSCH die Formen nur nach den Photos beurteilen konnte, sind einige Bestimmungen seiner Ansicht nach "mit der notwendigen Reserve zu verstehen". Die Pollenkörner wurden von ihm wie folgt bestimmt (s. Tafeln I und II):[1)]

Fig. 1 a, b: Papillopollis clarescendus WEYL. & KRG. } dieser Art unter den beschriebenen am ähnlichsten
Fig. 2: Papillopollis " " & " }
Fig. 3: Trudopollis sp. indet.
Fig. 4: Trudopollis sp. indet.
Fig. 5 a, b: Trudopollis sp. indet.
Fig. 1: Oculopollis sp. indet.

W. KRUTZSCH bestimmte freundlicherweise auch die auf Tafel II abgebildeten Sporenformen:

Fig. 2: Leiotriletes sp. (sog. Coniopteris)
Fig. 3: Foveosporites cf. canalis BALME
Fig. 4: Triletes sp.
Fig. 5: Triletes sp.
Fig. 6: Triletes sp.

Auf Grund dieser Bestimmungen ist es möglich, die Altersstellung der präquartären Pollen- und Sporenformen der Alttanner Gesteinsserie zu präzisieren. Wir entnehmen GÓCZÁN et al. (1967) für die Pollengattungen folgende Angaben:

Papillopollis: im borealen Raum bisher vom Unter-Santon bis zum Unter-Campan beobachtet.

---

1) Herrn Dr. habil. W. KRUTZSCH (Zentrales Geologisches Institut, Berlin DDR) möchte ich auch an dieser Stelle für seine Bestimmungen und Hinweise besonders danken.

Trudopollis: Maximum in der jüngeren Oberkreide.
Oculopollis: Hauptverbreitung Santon bis Maastricht.

Zum stratigraphischen Verhalten der von ihm bestimmten Sporenformen führte KRUTZSCH an:

Leiotriletes sp.: Mesozoikum allgemein.
Foveosporites cf. canalis BALME: Kreide durchgehend.
Triletes sp.: ähnliche bzw. gleiche Arten regelmäßig in der Oberkreide.

Als zeitliche Verbreitung der präquartären Sporomorphen der Alttanner Gesteinsserie läßt sich demnach - wie KRUTZSCH bestätigte - die jüngere Oberkreide und zwar Santon bis Campan angeben.

Es stellt sich die Frage, woher dieses Sporomorphenmaterial primär stammt. Auf Grund der geologischen Gegebenheiten kommt der Flysch- und Kreidegürtel der Allgäuer Alpen in Betracht. Vermutlich wurde dort mit Sporomorphen versehenes Gesteinsmaterial der Oberkreide abgetragen (fluviatil oder glazigen). Vor seiner endgültigen Sedimentation in der Riß-Kaltzeit (?) wurde es dann mit Pollen aus der Mindel-Riß(?)-Warmzeit ausgestattet.

Wir haben es also hier mit ganz ähnlichen Verhältnissen zu tun, wie sie erstmals IVERSEN (1936) eingehend untersuchte. IVERSEN fand in minerogenen spätglazialen Sedimenten neben autochthonem Spätglazialpollen Pollen interglazialen und tertiären Alters. Er wies nach, daß der Sekundärpollen aus dem Geschiebelehm der Umgebung stammt. Das gleiche Nebeneinander von primärem Spätglazialpollen und sekundärem Interglazial- und Präquartär-Pollen stellten u.a. auch FRIES & ROSS (1954) an einem ihrer Fundorte fest. Der einzige Unterschied zu unseren Verhältnissen ist der, daß dort das autochthone Pollenmaterial gleichzeitig mit den Sedimenten zur Ablagerung kam, während es im Fall der Alttanner Gesteinsserie erst nachträglich eingeschwemmt wurde.

Die Tatsache, daß unter den 6 gut erhaltenen Pollenkörnern 3 und unter den restlichen schlecht erhaltenen Pollenkörnern vermutlich 2 weitere, allerdings nicht näher bestimmbare Pollengattungen vertreten sind, macht deutlich, wie mannigfaltig die präquartäre Pollenflora der Alttanner Gesteinsserie ist. Sollte sie erneut pollenanalytisch untersucht werden, so kann mit einer erheblich größeren Anzahl derartiger Pollenformen gerechnet werden als bei der vorliegenden nachträglichen Untersuchung. Das gleiche gilt für die Sporen. Der Anteil an präquartärem Sekundärpollen ist relativ hoch, er dürfte nach den bisherigen Erfahrungen bei 1 - 2 % der Gesamtpollensumme liegen. In dem von FRIES & ROSS (1954) angeführten Fundort Gullmar Fjord beträgt dieser Anteil - bei im Vergleich zu Alttann allerdings hohen Pollenfrequenzen - z.B. nur $\frac{1}{4}$ ‰ des Baumpollens. Die präquartären Sporomorphen der Alttanner Gesteinsserie sind im übrigen gleichmäßig über den untersuchten Mittelabschnitt des Profils verteilt, also nicht etwa in einem bestimmten Horizont angereichert.

Die hier beschriebenen Funde von umgelagerten Sporomorphen aus der Oberkreide scheinen die ersten dieser Art im württembergischen Alpenvorland zu sein. Weder in den Kernbohrungen Wurzacher Becken 1 (GERMAN et al. 1968), Ur-Federsee 1 (GERMAN et al. 1965) und Ur-Federsee 2 (GERMAN et al. 1967) noch in den vielfach untersuchten spätglazialen Ablagerungen dieses Gebietes wurde präquartärer Pollen angetroffen.

IV. Zusammenfassung

An pollenarmem Material der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 (DFG) und der Alttanner Gesteinsserie wurde ein pollenanreicherndes Aufbereitungsverfahren erfolgreich erprobt. Die pollenanalytischen Untersuchungen führten zu folgenden Resultaten bzw. Vermutungen:

1. Die warmzeitlichen Schichten der Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 in 100 - 109 m Tiefe und der Abschnitt zwischen 6,7 und 11,2 m der Alttanner Gesteinsserie ergeben Pollendiagramme, die weitgehend übereinstimmen.
2. Die beiden Diagramme werden versuchsweise in die Mindel-Riß-Warmzeit gestellt.
3. Der mindel-riß (?)-warmzeitliche Pollen der Alttanner Gesteinsserie befindet sich vermutlich auf sekundärer Lagerstätte.
4. Die Sedimentation der Alttanner Gesteinsserie erfolgte möglicherweise in der Rißzeit.
5. Das Pollenmaterial der Alttanner Gesteinsserie setzt sich aus 3 Anteilen zusammen:
   1) Eingeschwemmter rezenter Pollen.
   2) Sekundärpollen (?) aus der Mindel-Riß(?)-Warmzeit.
   3) Präquartärer Sekundärpollen.
6. Der zu 1 - 2 % an der Gesamtpollensumme beteiligte präquartäre Pollen datiert aus der jüngeren Oberkreide (Santon und Campan).

Literaturverzeichnis

ANDERSEN, S. TH.: Tree-pollen rain in a mixed deciduous forest in South Jutland (Denmark). - Rev. of Palaeobotany and Palynol. 3, 267 - 275, Amsterdam 1967.

ASSARSON, G. och E. GRANLUND: En metod för pollenanalys av minerogena jordarter. - Geol. Fören. Förhandl. 46, 76 - 82, Stockholm 1924.

BERTSCH, K.: Wald- und Florengeschichte der Schwäbischen Alb. - Veröff. d. Staatl. Stelle f. Naturschutz beim Württ. Landesamt f. Denkmalpflege, 84. Jg., 79 - 132, Stuttgart 1928.

-Lehrbuch der Pollenanalyse. - Handbücher der praktischen Vorgeschichtsforschung, Bd. 3, 195 S., Stuttgart 1942.

BEUG, H.-J.: Leitfaden der Pollenbestimmung. - Lieferung 1, 63 S., Stuttgart 1961.

BORSE, CH.: Über die Frage der Pollenproduktion, Pollenzerstörung und Pollenverbreitung in ostpreußischen Waldgebieten. - Schriften d. Physikal.-ökonomisch. Ges. Königsberg 71, 127 - 144, 1939.

BREITENFELD, E. und K. MOTHES: Bestandesgeschichtliche Untersuchungen an masurischen Wäldern. - Schriften d. Phys.-ök. Ges. Königsberg 71, 239 - 299, 1939.

BROSSE, P., P. FILZER und R. GERMAN: Neues zur Geologie der Umgebung von Bad Wurzach (württ. Oberschwaben). - N. Jb. f. Geol. und Paläont. Mh. 5, 255 - 275, Stuttgart 1965.

BURGES, A.: The downward movement of fungal spores in sandy soils.- The Brit. Mycol. Soc. Transactions. 33, 142 - 147, London 1950.

DEWERS, F.: Probleme der Flugsandbildung in Nordwestdeutschland.- Schr. d. Bremer Wiss. Ges., Reihe B, 29, 324 - 366, 1935.

- Einige chrakteristische Züge der Oberflächengestaltung des nordwestdeutschen Flachlandes und die bei ihrer Herausbildung wirksamen Faktoren. - N. Archiv f. Niedersachsen 4, H. 18, 475 - 488, 1950.

DIMBLEBY, G. W.: Pollen analysis of terrestrial soils. - The New Phytologist 56, 12 - 28, London 1957.

DIMBLEBY, G. W.: Soil pollen analysis. - Journal of Soil Science 12, 1 - 11, Oxford 1961 a.

- Transported material in the soil profile. - Journal of Soil Science 12, 12 - 22,Oxford 1961 b.

DRICOT, E.: Analyse pollinique d'un profil de sable à Averbode (Campine belge). - Agricultura (Inst. agronom. de l'Université de Louvain), Sér. 2, 9, 651 - 655, Leuven 1961.

FILZER, P.: Die Pflanzensoziologie im Dienste der Geologie. - Zentralbl. f. Min., Geol. u. Paläont., Abt. B, H. 2/3, 57 - 95, Stuttgart 1942.

- Eine Tuffsandgrube am Fuße der Schwäbischen Alb als vegetationskundliches Archiv. - Naturw. Monatsschr. "Aus der Heimat", 68. Jg., 221 - 224, Öhringen 1960.
- Beiträge zur Problematik der Pollenanalyse kulturführender Lehme. - Fundber. aus Schwaben, N.F. 17, 214 - 223, Stuttgart 1965.

FIRBAS, F.: Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation waldloser Gebiete mit Hilfe der Pollenanalyse. - Planta 22, 109 - 145, Berlin 1934.

- Der pollenanalytische Nachweis des Getreidebaus. - Zeitschr. f. Bot. 31, 447 - 478, Jena 1937.
- Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas. 1.Band: Allgemeine Waldgeschichte. - 480 S., Jena 1949; 2. Band: Waldgeschichte der einzelnen Landschaften. - 256 S., Jena 1952.
- Über das Fagus-Vorkommen im "Interglazial" von Wasserburg am Inn (Oberbayern). - Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich 33, 81 - 90, Bern 1958.

FIRBAS, F. und F. BROIHAN: Das Alter der Trockentorfschichten im Hils. - Planta 26, 291 - 302, Berlin 1937.

FIRBAS, F., G. GRÜNIG, I. WEISCHEDEL und G. WORZEL: Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Vogesen. - Biblioth. Botan. 121, 76 S., Stuttgart 1948.

FRENZEL, B.: Zur Pollenanalyse von Lössen. - Eiszeitalter und Gegenwart 15, 5 - 39, Öhringen 1964.

- Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. - 291 S., Braunschweig 1967.

- Grundzüge der pleistozänen Vegetationsgeschichte Nord-Eurasiens. - 326 S., Wiesbaden 1968.

FREY, D. G.: A differential flotation technique for receiving microfossils from inorganic sediments. - The New Phytologist 54, 257 - 258, London 1955.

FRIES, M. and N.-E. ROSS: Pre-Quaternary pollen grains and spores found in late-glacial and post-glacial clays in Bohuslän, SW. Sweden. - Arkiv för Mineral. och Geol. 1, 199 - 210, Stockholm 1950.

GERMAN, R.: Über jungdiluviale Ablagerungen des östlichen Rheingletschers im mittleren Oberschwaben. Erl. zu einer geol. Aufnahme des Bl. Reute (196). - Diss. Tübingen 1950.

- Über jungpleistozäne Ablagerungen des östlichen Rheingletschers im mittleren Oberschwaben. - Jber. u. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 41, 83 - 93, Stuttgart 1959.

- Zur Unterscheidung von Grundmoräne und Schmelzwassersedimenten am Beispiel des württembergischen Allgäus. (Zur Deutung quartärer Sedimente und Formen II.) - N. Jb. Geol. Paläont. Mh.2, 69 - 76, Stuttgart 1970.

GERMAN, R., R. DEHM, W. ERNST, P. FILZER, W. KÄSS, G. MÜLLER und W. WITT: Ergebnisse der wissenschaftlichen Kern-Bohrung Ur-Federsee 1. - Oberrh. geol. Abh. 14, 97 - 139, Karlsruhe 1965.

GERMAN, R., J. BORNEFF, K. BRUNNACKER, R. DEHM, P. FILZER, W.KÄSS, H. KUNTE, G. MÜLLER und W. WITT: Ergebnisse der wissenschaftlichen Kern-Bohrung Ur-Federsee 2. - Oberrh. geol. Abh. 16, 45 - 110, Karlsruhe 1967.

GERMAN, R., P. FILZER, R. DEHM, H. FREUDE, W. JUNG und W. WITT: Ergebnisse der wissenschaftlichen Kern-Bohrung Wurzacher Becken 1 (DFG). - Jh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württ. 123. Jg., 33 - 68, Stuttgart 1968. (Zitiert als GERMAN et al. 1968.)

GIJZEL, P. VAN: Autofluorescence andage of some fossil pollen and spores. - Proc. Koninkl. Nederlandse Akad. van Wetensch., Ser. B 64, 56 - 63, Amsterdam 1961.

GÓCZÁN, F., J.J. GROOT, W. KRUTZSCH und B. PACLTOVÁ: Die Gattungen des "Stemma Normapolles PFLUG 1953 b" (Angiospermae). Neubeschreibung und Revision europäischer Formen (Oberkreide bis Eozän). - Paläont. Abh. Abt. B, Paläobotanik, Bd. II, H. 3, 427 - 539, Berlin 1967.

GODWIN, H.: Pollen analysis in mineral soil. An interpretation of a podzol pollen analysis by Dr. G. W. Dimbleby. - Flora 146, 321 - 327, Jena 1958.

GRADMANN, R.: Süddeutschland. Bd. 2. - 553 S., Stuttgart 1931,
- Das Pflanzenleben der Schwäbischen Alb. Bd. 1. - 449 S., Stuttgart 1950.

GRONBACH, G.: Pollenanalytische Untersuchungen zur Geschichte des Federsees und zur vorgeschichtlichen Besiedlung des Federseerieds. - In: Der Federsee (Hrsg. W. ZIMMERMANN), S.316 - 355, Stuttgart 1961.

HAID, J. H.: Ulm mit seinem Gebiete. 1786.

HALLIK, R.: Eine Flüssigkeit zur Trennung von organischem Material und Sand für die Pollenanalyse. - N. Jb. Geol. Paläont., Monatshefte, 188 - 189, Stuttgart 1957.

HAUFF, R.: Die Rauhe Wiese bei Böhmenkirch-Bartholomä. Ein Beitrag zur Kenntnis der Ostalbflora. - Veröff. d. Württ.Landesstelle f. Naturschutz, H. 12, 78 - 141, Stuttgart 1936.
- Die Buchenwälder auf den kalkarmen Lehmböden der Ostalb und die nacheiszeitliche Waldentwicklung auf diesen Böden. - Jh. d. Ver. f. vaterl. Naturkunde in Württ. 93. Jg., 51 - 97, Stuttgart 1937.

HAVINGA, A. J.: Pollen analysis of fossil vegetation profiles. - Verhandelingen v. h. Koninkl. Nederl. Geolog.-Mijnbouwkundig Genootschap. Geol. Ser., 17,139 - 145, s'Gravenhage 1957.
- Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. - Pollen et Spores, VI, 621 - 635, Paris 1964.

HEIM, J.: Recherches sur les relations entre la végétation actuelle et le spectre pollinique récent dans les Ardennes Belges. - Bull. de la Soc. Roy. de Botan. de Belgique 96, 5 - 92, Brüssel 1963.

HESMER, H.: Die neutige Bewaldung Deutschlands. - 52 S., Berlin 1937.

IVERSEN, J.: Sekundäres Pollen als Fehlerquelle. Eine Korrektionsmethode zur Pollenanalyse minerogener Sedimente. - Danmarks Geologiske Unders., IV. R., 2/15, 3 - 24, Kopenhagen 1936.

JÄNICHEN, H.: Waldgeschichtliche Untersuchungen im nördlichen Härdtsfeld. - Mitt. Ver. Forstl. Standortskart. 1, 12 - 22, Stuttgart 1951.

- Die Holzarten des Schwäbisch-Fränkischen Waldes zwischen 1650 und 1800. - Mitt. Ver. Forstl. Standortskart. 5, 10 - 31, Stuttgart 1956.

JONASSEN, H.: Recent pollen sedimentation and Jutland heath diagrams. - Dansk Botanisk Arkiv 13/7, 1 - 168, Kopenhagen 1950.

KIRCHHEIMER, F.: Die Korrosion des Pollens. - Beih. Bot.Cbl. 53/A, 398 - 416, Dresden 1935.

KUYL, O. S.: The pollen preparation of calcareous sediments. - Mededelingen van de Geol. Stichting, N.S. 13, 27 - 28, Haarlem 1961.

LOHRMANN, R.: Zur Forstgeschichte des Albuchs, besonders des nordwestlichen Teils. - Blätt. d. Schwäb. Albver. 51, 90 - 92, Tübingen 1939.

MOTHES, K., G. ARNOLDT und H. REDMANN: Zur Bestandesgeschichte ostpreußischer Wälder. - Schriften d. Phys.-ökonom. Ges. Königsberg 69, 267 - 282, 1937.

MULLENDERS, W.: Les relations entre la végétation et les spectres polliniques en Forêt du Mont-Dieu (Département des Ardennes, France). - Bull. de la Soc. Roy. de Botan. de Belgique 94, 131 - 138, Brüssel 1962.

MULLENDERS, W. et A. MUNAUT: Recherches palynologiques sur les sols sableux du district picardo-brabançon. - Bull. de la Soc. Roy. de Botan. de Belgique 92, 271 - 272, Brüssel 1960.

MÜLLER, S.: Die Waldböden des nördlichen Härdtsfeldes. - Mitt. Ver. Forstl. Standortskart. 1, 8 - 12, Stuttgart 1951.

NUBER, A. H.: Der steinzeitliche Fundplatz "Borgerhau", Markung Asch (Kr. Ulm). - Fundber. aus Schwaben, N.F. 16, 21 - 39, Stuttgart 1962.

OBERDORFER, E.: Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Oberelsasses und der Vogesen. - Zeitschr. f. Botan. 30, 513 - 572, Jena 1937.

PARET, O.: Württemberg in vor- und frühgeschichtlicher Zeit. - 452 S., Stuttgart 1961.

POHL, F.: Die Pollenerzeugung der Windblütler. - Beih. z.Bot.Cbl. 56/A, 365 - 470, Dresden 1937 a.

- Die Pollenkorngewichte einiger windblütiger Pflanzen und ihre ökologische Bedeutung. - Beih. z. Bot. Cbl. 57/a, 112 - 172, Dresden 1937 b.

REICH, H.: Die Vegetationsentwicklung der Interglaziale von Großweil-Ohlstadt und Pfefferbichl im Bayerischen Alpenvorland. - Flora 140, 386 - 443, Jena 1953.

SCAMONI, A.: Beobachtungen über den Pollenflug der Kiefer und Fichte. - Forstwissensch. Cbl. 68, 735 - 751, Berlin 1949.

- Waldkundliche Untersuchungen auf grundwassernahen Talsanden. Beschaffung von waldbaulichen Grundlagen, dargestellt am Waldgebiet zwischen Liebenwalde und Kremmen. - 156 S., Berlin 1950.

SELLE, W.: Die Pollenanalyse von Ortstein-Bleichsandschichten. - Beih. z. Bot. Cbl. 60/B, 525 - 549, Dresden 1940.

Statistik des Deutschen Reiches, Bd. 374. Die Ergebnisse der Bodenbenutzungserhebung im Jahre 1927. - Berlin 1930.

STRAKA, H.: Zur spätquartären Vegetationsgeschichte der Vulkaneifel. - Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde H. 1, 116 S., Bonn 1952.

THOMSON, P. W.: Sekundäre Umlagerung pflanzlicher Mikrofossilien in klastischen Sedimenten. - Geol. Rundschau 40, 286 - 287, Stuttgart 1952.

THOMSON, P. W. und H. PFLUG: Pollen und Sporen des mitteleuropäischen Tertiärs. - Palaeontographica Abt.B, Bd. 94, 1 - 138, Stuttgart 1953.

TRAUTMANN, W.: Pollenanalytische Untersuchungen über die Fichtenwälder des Bayerischen Waldes. - Planta 41, 83 - 124, Berlin 1952.

- Zur Unterscheidung fossiler Spaltöffnungen der mitteleuropäischen Coniferen. - Flora 140, 523 - 533, Jena 1953.

WELTEN, M.: Über Entstehung und Deutung von Pollendiagrammen in alpinen Aufschüttungsböden. - Bericht über d. Geobot.Forsch.-Inst. Rübel in Zürich f. d. J. 1946, 92 - 100, Bern 1947.

WELTEN, M.: Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. - Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich, H. 33, 253 - 274, Bern 1958.

- Bodenpollen als Dokumente der Standorts- und Bestandesgeschichte. - Veröff. d. Geobot. Inst. d. E.T.H., Stiftung Rübel, in Zürich, H. 37, 330 - 345, Bern 1962.

WERTH, E. und J. BAAS: Pollenanalytische Untersuchung einiger Trockentorfe verschiedener Waldböden Nord- und Mitteldeutschlands. - Planta 25, 315 - 345, Berlin 1936.

WESTPHAL, W. H.: Physik. Ein Lehrbuch. - 22. - 24. Aufl., 713 S., Berlin, Göttingen, Heidelberg 1963.

ZETZSCHE, F.: A. Kork- und Cuticularsubstanzen; B. Fossile Pflanzenstoffe. - In: Handbuch der Pflanzenanalyse (Hrsg. G.KLEIN), III. Band, 205 - 239 und 293 - 344, Wien 1932.

ZETZSCHE, F. und O. KÄLIN: Untersuchungen über die Membran der Sporen und Pollen V, 4. Zur Autoxydation der Sporopollenine. - Helv. chim. acta XIV, 517 - 519, Basel 1931.

ZOLYOMI, B.: Die Entwicklungsgeschichte der Vegetation Ungarns seit dem letzten Interglazial. - Acta Biologica Acad. Scient. Hungaricae 4, 367 - 430, Budapest 1953.

Erklärung der Tafeln

Die Aufnahmen wurden mit einem Zeiss-Photomikroskop angefertigt. In Fig. 1 a und 1 b sowie in Fig. 5 a und 5 b sind jeweils zwei verschiedene Ansichten desselben Pollenkorns dargestellt.

Pollenkörner

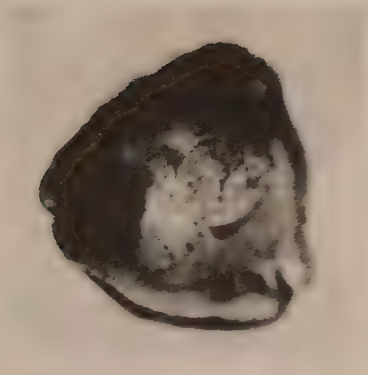
Tafel I. Fig. 1a,b: Papillopollis clarescendus WEYL. & KRG., Ø 34 µm.
a: Polpapillus der proximalen Hemisphäre;
b: Polpapillus der distalen Hemisphäre.
Fig. 2: Papillopollis clarescendus WEYL. & KRG., Ø 31 µm. Polpapillus der proximalen Hemisphäre.
Fig. 3: Trudopollis sp. indet., Ø 41 µm. Äquatorebene.
Fig. 4: Trudopollis sp. indet., Ø 34 µm. Äquatorebene.
Fig. 5a,b: Trudopollis sp. indet., Ø 35 µm. a: polar;
b: Äquatorebene.

Tafel II. Fig. 1: Oculopollis sp. indet., Ø 45 µm. Äquatorebene.

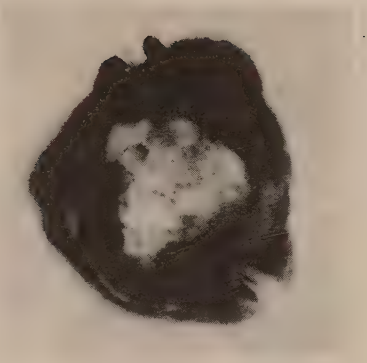
Sporen

Tafel II. Fig.2: Leiotriletes sp. (sog. Coniopteris), Ø 47 µm.
Fig.3: Foveosporites cf. canalis BALME, Ø 48 µm.
Fig.4: Triletes sp., Ø 47 µm.
Fig.5: Triletes sp., Ø 48 µm.
Fig.6: Triletes sp., Ø 45 µm.

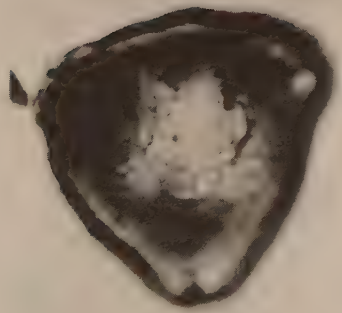
Tafel I



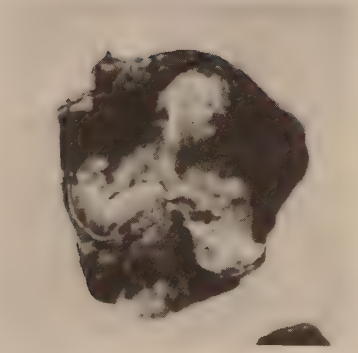
1a



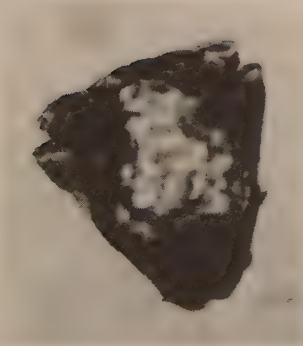
1b



2

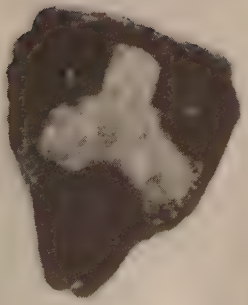


3



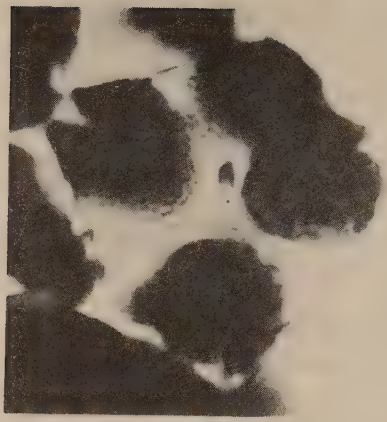
4

5a

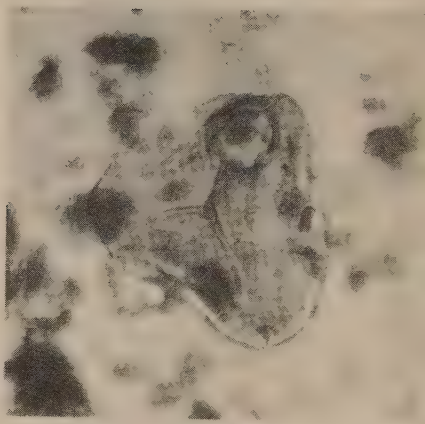


5b

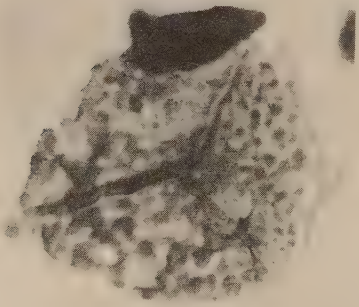
Tafel II



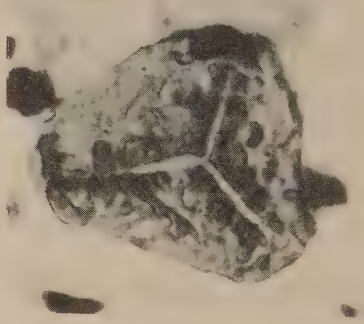
1



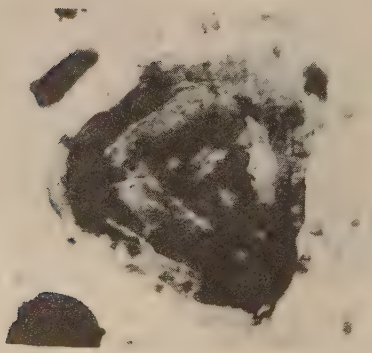
2



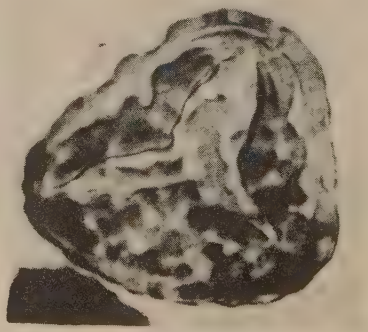
3



4



5



6

Lebenslauf

Am 22. Juni 1936 wurde ich, Dieter Ohngemach, als 3. Sohn des Hauptlehrers Georg Ohngemach und seiner Ehefrau Emma, geb. Steimle, in Heilbronn geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Neubulach, Krs. Calw, trat ich 1948 in das Gymnasium in Calw ein und legte dort im März 1957 die Reifeprüfung ab. Von April bis Oktober 1957 arbeitete ich als Praktikant bei der Fa. IBM in Sindelfingen. Im Wintersemester 1957/58 studierte ich an der Technischen Hochschule in Stuttgart Maschinenbau. Im Sommersemester 1958 begann ich an der Universität Tübingen mit dem Studium der Biologie (Hauptfach), Chemie und Physik, das ich im Wintersemester 1959/60 an der Universität München fortsetzte. Im Sommersemester 1961 kehrte ich an die Universität Tübingen zurück und bestand hier im Sommer/Herbst 1965 die Wissenschaftliche Prüfung für das Lehramt an Gymnasien in den Fächern Biologie, Chemie und Physik.

Nach dem Vorbereitungsdienst von Januar 1966 bis März 1967 am Seminar für Studienreferendare in Tübingen und am Joh.-Kepler-Gymnasium in Reutlingen legte ich die Pädagogische Prüfung für das Lehramt an Gymnasien ab. Von April 1967 bis Juli 1968 war ich als Studienassessor am Joh.-Kepler-Gymnasium in Reutlingen tätig. Am 1.8.1968 ließ ich mich zur Fertigstellung meiner Dissertation vom Schuldienst beurlauben.

Die Untersuchungen zu Teil 1 und 2 meiner Dissertation "Beiträge zur Pollenanalyse von Böden und mineralischen Sedimenten" erfolgten von Herbst 1962 bis Sommer 1964 im Rahmen meiner Staatsexamensarbeit am Botanischen Institut der Universität Tübingen unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. P. Filzer. Die Untersuchungen zu Teil 3 wurden von Sommer 1968 bis Winter 1969 am Institut für Biologie der Universität Tübingen ebenfalls unter der Anleitung von Herrn Prof. Dr. P. Filzer durchgeführt.

Meine akademischen Lehrer waren in Biologie: die Professoren Brauner, Bünning, Filzer, Grell, Haupt, Mägdefrau, Möhres, Peters, Zimmermann; in Chemie: die Professoren Müller, Rüdorff, Weitzel; in Physik: die Professoren Faessler, Krüger.

difo-druck schmacht · bamberg